Schéma I.

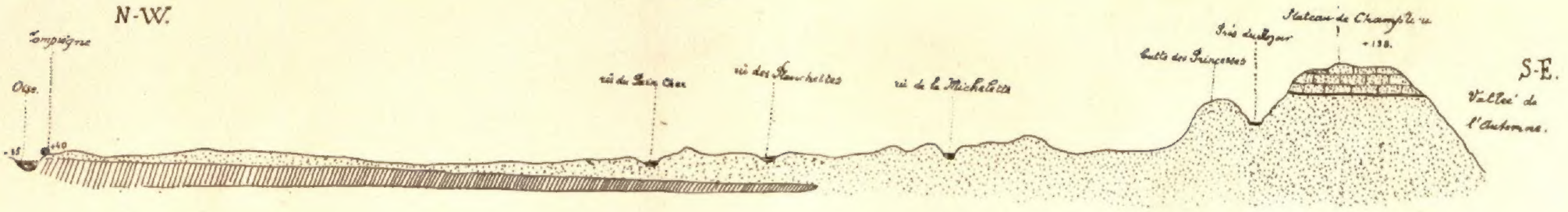


Schéma II.

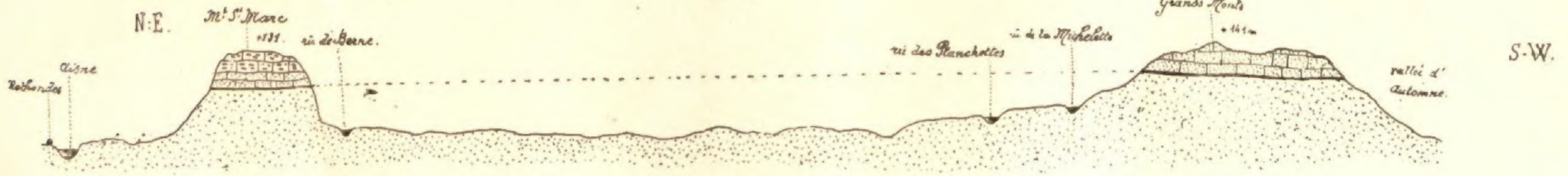


Schéma III.

Echelle :

0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 K.m

Les hauteurs sont exagérées 10 fois. - Calcaire crayeux : ; - Sables glauconieux (inférieurs et moyens) : ; - calcaire nummulitique : ; Calcaire grossier : .

L'emplacement de la couche d'argile est figuré par un grossi trait noir.

Debeaupuis del.

LLE. - LE BIGOT FRÈRES

Bertin sc.

Géologie de la forêt de Compiègne

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

QK1
.R44
1911
v.23(1)

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

23(1)(Jan.-Jun. 1911)

TOME VINGT-TROISIÈME

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

1, RUE DANTE, 1

1911

Mo. Bot. Garden
1912

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-TROISIÈME

Livraison du 15 Janvier 1911

N° 265

Entered at the New-York Post Office as Second Class matter.

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

1, RUE DANTE, 1

—

1911

LIVRAISON DU 15 JANVIER 1914

I. — L'ASSIMILATION CHLOROPHYLLIENNE ET LA PRODUCTION DE SUBSTANCE SÈCHE A LA LUMIÈRE BLANCHE ET A LA LUMIÈRE COLORÉE (avec planche), par **M. W. Lubimenko**. 1

II. — ESQUISSE DE LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DE LA FORÊT DE COMPIÈGNE (avec planches), par **M. Debeaupuis** 15

III. — SUR LES SEGMENTS FOLIAIRES DE L'AXE HYPOCOTYLÉ, par **M. Jean Friedel** 39

IV. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES. 44

V. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 48

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON :

Planche 1. — Développement de la carotte à diverses intensités de lumière blanche et à la lumière colorée.
Planche 2. — Géologie de la forêt de Compiègne.
Planche 3. — Carte de la forêt de Compiègne.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V^e^).

L'ASSIMILATION CHLOROPHYLLIENNE
ET LA PRODUCTION DE LA SUBSTANCE SÈCHE
A LA LUMIÈRE BLANCHE ET A LA LUMIÈRE COLORÉE

Par W. LUBIMENKO

D'après les recherches classiques de M. Timiriazeff, M. Reinke et M. Engelmann, c'est à la lumière rouge du spectre solaire que la décomposition de CO^2 par une feuille verte atteint son maximum; l'action des rayons bleus et violets, malgré l'absorption très forte de ces rayons par la chlorophylle, est relativement faible.

On sait maintenant que la faible activité des rayons bleus et violets n'est pas due à la nature de cette lumière caractérisée par la longueur des ondes des rayons. C'est Prillieux (1), le premier, qui a démontré que la décomposition de CO^2 aux rayons bleu-violets devient égale à celle des rayons rouges lorsque l'intensité de la lumière bleu-violette est égale à l'intensité de la lumière rouge. Tout récemment M. Knïep et M. Minder (2) ont répété les expériences de Prillieux et ont obtenu les mêmes résultats.

Il faut donc penser que la nature de la lumière colorée ne joue aucun rôle dans la décomposition de CO^2; c'est seulement la quantité d'énergie calorifique retenue par la chlorophylle avec le rayon donné qui détermine la vitesse de cette réaction photochimique. On peut remarquer, d'autre part, que nous n'avons pas encore une méthode exacte pour établir le rapport qui existe entre la qualité d'énergie

(1) Prillieux. *De l'influence qu'exerce l'intensité de la lumière colorée sur la quantité de gaz que dégagent les plantes submergées* (Ann. de Sc. nat.; V^e^ série; t. X; 1869).

(2) Kniep, H. und Minder, F. *Ueber den Einfluss verschiedenfarbigen Lichtes auf die Kohlensaureassimilation* (Zeitschr. f. Botanik; Bd. I; 1909).

lumineuse retenue par l'appareil chlorophyllien et la quantité de travail chimique rendu par celui-ci. Comme on le sait, les efforts faits pour effectuer l'assimilation chrophyllienne en dehors de l'organisme vivant n'ont pas eu de succès; on est obligé d'opérer, pour établir ce rapport, sur les feuilles vivantes de la plante. Mais l'absorption de la lumière par le tissu vivant d'une feuille est un phénomène trop compliqué pour qu'on puisse déterminer exactement la quantité absolue de la lumière, d'une couleur donnée, absorbée par les chloroleucites seuls. On comprend que les savants qui traitent la question de l'influence de la lumière colorée sur l'assimilation chlorophyllienne se contentent de mesurer la quantité de lumière tombée sur la feuille et non de celle absorbée par ses chloroleucites. Cette méthode a été employée aussi dans le travail récent de MM. Kniep et Minder.

Quelques essais faits, entre autres par M. A. Richter (1), pour mesurer la quantité de lumière colorée retenue par une feuille vivante se rapportent au tissu entier de la feuille et non à ses chloroleucites. Mais on sait que la quantité de lumière que retiennent diverses parties du tissu de la feuille vivante, en dehors des chloroleucites, est très grande par rapport à la quantité totale de lumière qui tombe sur la feuille (2). Il est probable aussi que ces parties du tissu absorbent inégalement les rayons diversement colorés.

Enfin, les chloroleucites mêmes renferment encore, à part la chlorophylle, des pigments jaunes qui absorbent fortement les rayons bleu-violets. Comme le montrent les expériences sur les plantes étiolées, la lumière absorbée par les pigments jaunes ne produit pas la décomposition de CO^2; dès lors, il faut penser qu'une forte partie des rayons bleu-violets, retenue par les chloroleucites, reste sans être utilisée dans ce travail chimique.

Il en résulte donc que les expériences faites sur les feuilles vivantes de la plante ne sont pas suffisantes pour établir la question de l'influence de la nature de la lumière colorée sur la décomposition de CO^2. Mais ces expériences nous montrent bien nettement que la

(1) Richter, A. *Etude sur la photosynthèse et sur l'absorption par la feuille verte des rayons de différentes longueurs d'onde* (Rev. gén. Bot.; t. XIV; 1902).

(2) Linsbauer, L. *Untersuchungen uber die Durchleuchtung von Laubblattern.* (Botan. Centralbl.; Beihefte. X; 1910).

feuille verte de la plante utilise pour le travail de décomposition de CO^2 en première ligne des rayons rouges.

Étant donné la faible activité des rayons bleu-violets dans la décomposition de CO^2, il est impossible de comprendre pourquoi la feuille absorbe si fortement ces rayons et pourquoi elle laisse passer beaucoup de rayons jaunes et verts qui doivent être plus utiles pour ce travail photochimique. Mais il faut remarquer que la nature de la photosynthèse reste encore obscure dans les points les plus importants. On ne sait pas exactement la nature chimique du premier corps qui fixe le carbone de CO^2 dans la feuille; par conséquent la limite naturelle du travail photochimique des chloroleucites reste inconnue.

A priori il faut penser que la production de substance organique par la plante verte comprend une série de stades successifs où la lumière peut être utilisée, comme source d'énergie, dans d'autres réactions chimiques, à part la décomposition de CO^2 et H^2O.

Ayant à rechercher ces stades, je me suis proposé, en premier lieu, d'étudier l'action de divers rayons colorés sur la décomposition de CO^2 en la comparant à leur action sur la production totale de la substance sèche.

La plupart des savants (1) qui ont cultivé les plantes vertes à la lumière colorée affirment que la production maxima de la substance sèche correspond aux rayons [rouge-jaunes du spectre solaire. C'est Macano seul qui a constaté cette production maxima aux rayons bleu-violets (2). Il est impossible d'expliquer cette contradiction,

(1) Hunt. *Untersuchungen uber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf das Wachsthum der Pflanze* (Bot. Ztg. 1851; p. 287).

Mayer, Ad. *Production von organischen Pflanzenzensubstanz bei Abschluss des chemischen Lichtstrahlen* (Landw. Versuchsstationen; Bd. IX; 1867).

Weber, R. *Ueber den Einfluss farbigen Lichter auf die Assimilation*, etc. (Landw. Versuchsstationen; Bd. XVIII; 1875).

Morgen, A. *Ueber den Assimilationsprocess in der keimenden Kresse* (Bot. Ztg., 1877; p. 553).

Wollny, E. *Untersuchungen über den Einfluss der Lichtfarbe auf das Productionsvermögen und die Transpiration der Pflanzen* (Forschung. auf dem Geb. d. Agrikulturphysik; Bd. XVII; 1894).

(2) Macano, J. *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Vegetation* (Résumé dans Bot. Ztg., 1874; p. 542).

Villon, A. *La culture sous verres colorés* (Revue scientifique, IV sér., t. I; 1894; p. 460).

car aucun des auteurs n'a mesuré l'énergie de la décomposition de CO^2 à l'éclairement sous lequel ont été faites les cultures des plantes.

La plupart des savants physiologistes se tiennent à l'opinion que la production de la substance sèche par la plante verte est exactement proportionnelle à l'énergie de la décomposition de CO^2 qu'on peut facilement déterminer par la méthode gazométrique. Par conséquent, l'augmentation du poids sec d'une plante verte sous l'action de divers rayons monochromatiques doit correspondre rigoureusement à l'énergie de la décomposition de CO^2 aux mêmes rayons. Donc la production de la substance sèche aux rayons bleu-violets doit être toujours inférieure à celle des rayons rouge-jaunes. Dans ce cas, les résultats contraires de Macano seraient dus à une erreur quelconque.

C'est dans ce sens que M. Pfeffer s'exprime dans son *Traité de Physiologie végétale*, à propos des expériences de Macano (1).

Mais les recherches de ces derniers temps sur l'assimilation chlorophyllienne ont démontré que l'énergie de la décomposition de CO^2 varie, au même éclairement et à la même température, avec le temps; dans la plupart des cas cette énergie, après avoir été stationnaire pendant un laps de temps, baisse ensuite plus ou moins rapidement (2).

On peut donc se demander si l'énergie de la décomposition de CO^2 aux rayons rouges du spectre solaire reste maxima, en comparaison avec celle aux rayons bleu-violets, un temps indéfini ou non ? Nous n'avons pas dans la bibliographie d'autres données expérimentales sur cette question que les résultats contradictoires obtenus par Macano et d'autres savants qui ont cultivé les plantes vertes à la lumière colorée. C'est pourquoi il m'a paru intéressant de répéter ces expériences en les complétant par la détermination gazométrique de l'énergie de décomposition de CO^2 à la lumière colorée.

J'ai employé pour mes cultures de plantes des verres colorés de quatre couleurs : rouge, orange, vert et bleu.

(1) Pfeffer, W. *Pflanzenphysiologie*; t. I; p. 338.

(2) Pantanelli, E. *Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung belichteter Pflanzen von ausseren Bedingungen* (Jahrb. f. wiss. Bot.; Bd. 39; 1903).

Blackman, F. F. *Optima and limiting factors* (Annals of Botany; t. XIX ; 1905).

Une étude spectroscopique préalable a montré que mes verres laissent passer les rayons suivants :

Rouge : De λ 0,700 μ à λ 0,600 μ; ce groupe de rayons correspond à la première et la seconde bande d'absorption de la chlorophylle.

Orange : De λ 0,650 μ à λ 0,570 μ; cette partie du spectre correspond à la seconde et à la troisième bandes d'absorption de la chlorophylle.

Vert : De λ 0,570 μ à λ 0,480 μ; les rayons de cette partie du spectre ne sont que très peu absorbés par la chlorophylle.

Bleu : De λ 0,480 μ à la fin du spectre visible ; ces rayons sont très fortement absorbés par la chlorophylle. A un fort éclairement par les rayons directs du soleil le verre bleu laisse passer encore un petit groupe des rayons rouges à la limite du spectre visible qui ne sont pas absorbés par la chlorophylle.

On voit que par ces verres-filtres j'ai divisé le spectre visible en quatre parties presque égales entre elles. La séparation des rayons de diverses couleurs par les filtres monochromatiques présente certaine difficulté. Les filtres doivent être très foncés pour que les rayons d'autres couleurs, à part la couleur choisie, ne les traversent pas même a un fort éclairement solaire; d'autre part, les filtres foncés absorberont beaucoup de lumière de leur propre couleur et les plantes cultivées à la lumière de cette couleur n'ont à leur disposition que trop peu de l'énergie lumineuse.

J'ai examiné mes verres à la lumière directe du soleil et j'ai choisi ceux qui ne sont traversés à cet éclairement que par les groupes de rayons indiqués plus haut. Ensuite, j'ai fait une étude spectrophotométrique de divers échantillons de ces verres et j'ai choisi ceux qui donnent une lumière colorée d'une intensité égale dans toutes les parties du spectre. J'ai accompli cette étude au moyen d'un arrangement identique à celui du spectrophotomètre d'Arsonval.

Les plantes ont été cultivées en plein air sous des châssis orientés au sud et vitrés par les verres colorés. J'ai profité pour mes expériences de l'installation dont je me suis servi au Laboratoire de Fontainebleau pour la détermination du poids sec des plantes aux

divers éclairements, en remplaçant dans quatre des châssis de cette installation les verres blancs par les verres colorés (1).

Mais, à part les quatre châssis colorés, j'ai employé trois châssis à verre blanc ordinaire; l'un de ces châssis ne portait que du verre; l'autre a été recouvert par une et le troisième par deux couches de papier très mince paraffiné (2).

J'ai eu ainsi pour mes expériences trois intensités de lumière blanche et quatre groupes de rayons colorés.

J'ai fait germer les graines de mes plantes dans des pots ordinaires remplis de terre du jardin; j'ai choisi ensuite, parmi les plantes germées, celles qui étaient au même stade du développement et je les ai mises sous mes châssis. J'ai placé sous chaque châssis plusieurs pots de plantes d'une même espèce.

Au bout d'un laps de temps, plus ou moins long, je retire de chaque châssis un pot contenant des plantes et je détermine l'augmentation du poids sec de ces dernières. Je répète les mêmes manipulations plusieurs fois pour une même espèce et j'obtiens ainsi des données nécessaires pour évaluer les divers stades dans l'augmentation de la substance sèche au cours du développement de la plante. Chaque lot de plantes qui me sert à la détermination du poids sec renferme plusieurs exemplaires; je prends cette précaution pour égaliser les différences individuelles dans le développement de plantes.

Les variations de la température ont été suffisamment égalisées sous les divers châssis au moyen de l'eau courante.

La détermination de l'énergie assimilatrice sous les châssis a été effectuée par la méthode gazométrique ordinaire. Dans ce but, j'ai employé un mélange gazeux contenant l'air et de 10 à 12 % de CO^2. Je mets les éprouvettes remplies de ce mélange gazeux et contenant des feuilles simultanément sous les divers châssis et je les expose à l'action de la lumière pendant une heure. Les analyses de gaz, après l'exposition, me montrent l'énergie de la décomposition de CO^2. Je prends pour ces expériences des feuilles de plantes poussées

(1) Lubimenko, W. *Production de la substance sèche et de la chlorophylle*, etc. (Ann. des Sc. nat., Bot., IX^e sér.; t. VII; 1909).

(2) D'après quelques expériences faites au moyen d'un papier photographique très sensible, il faut prendre 180 couches de mon papier paraffiné pour éteindre la lumière directe du soleil.

en plein air. Toutes les expériences ont été faites entre 10 heures et midi par un ciel pur. J'ai fait les analyses de gaz au moyen de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin.

J'ai étudié les espèces suivantes : *Raphanus sativa*, *Pisum sativum*, *Tropæolum majus*, *Phaseolus vulgaris* et *Daucus Carota*,

Dans le tableau ci-joint je donne les valeurs moyennes pour l'énergie de la décomposition de plusieurs expériences faites sur chaque espèce (Voir le tableau I).

TABLEAU I

ÉCLAIREMENTS	*Raphanus sativa*		*Pisum sativum*		*Trophæolum majus*		*Phaseolus vulgaris*		*Daucus Carota*	
	Volumes de CO^2 décomposé par 1 gr. de feuilles pendant 1 heure, en centimètres cubes	Énergie relative de la décomposition de CO^2	Volumes de CO^2 décomposé par 1 gr. de feuilles pendant 1 heure, en centimètres cubes	Énergie relative de la décomposition de CO^2	Volumes de CO^2 décomposé par 1 gr. de feuilles pendant 1 heure, en centimètres cubes	Énergie relative de la décomposition de CO^2	Volumes de CO^2 décomposé par 1 gr. de feuilles pendant 1 heure, en centimètres cubes	Énergie relative de la décomposition de CO^2	Volumes de CO^2 décomposé par 1 gr. de feuilles pendant 1 heure, en centimètres cubes	Énergie relative de la décomposition de CO^2
Lumière blanche										
Châssis au verre blanc.	86,6	100	88,8	100	62,7	100	81,6	100	97,6	100
Châssis recouvert par une couche de papier.	76,3	88	81,2	91	54,2	82	79,6	90	80,7	82
Châssis recouvert par deux couches de papier	56,8	66	69,1	77	45	72	65,4	74	75,2	77
Lumière colorée										
Châssis rouge	19,1	22	30,2	34	53,6	37	14.6	16	19,5	20
» orange	15,5	18	19,1	21	18,9	30	7.6	9	17,3	17
» vert	1,0	1	2,3	2	2,7	4	1,0	1	0,2	0,2
» bleu	15,5	18	19,6	22	15,4	23	11,4	13	16,3	16

Comme on le voit, d'après les nombres du tableau, l'énergie de la décomposition de CO^2 à la lumière blanche diminue, chez toutes les espèces étudiées, avec l'intensité lumineuse. A la lumière colorée c'est aux rayons verts qu'on constate un minimum de l'énergie assimilatrice; le maximum de cette énergie correspond aux rayons rouges du spectre. L'action des rayons bleu-violets se rapproche sensiblement de celle des rayons jaune-oranges.

Les résultats de mes expériences correspondent exactement au schéma donné par M. Engelmann pour l'assimilation chlorophyllienne à la lumière colorée.

Voici maintenant les données concernant la production de la substance sèche. Dans le tableau ci-joint, je donne l'augmentation absolue du poids sec chez une plante au cours de son développement (Voir tableau II, page 9).

Les nombres de ce tableau nous montrent que le poids sec maximum correspond à la lumière blanche du jour atténuée par une ou par deux couches de papier, suivant l'espèce. Chez certaines plantes, comme chez le Radis, l'intensité lumineuse correspondant au poids sec maximum varie au cours du développement de la plante. Il est possible que ces variations soient dues, non à la plante même, mais aux changements de l'éclairement du jour.

Quant à la lumière colorée, c'est toujours aux rayons verts qu'on constate le minimum dans l'augmentation du poids sec. La croissance est très faible à cette lumière et les plantes souvent meurent avant la floraison. Mais, contrairement à l'énergie assimilatrice, la production de la substance sèche est plus grande aux rayons bleu-violets qu'aux rayons rouges.

Je donne ici un tableau qui montre le rapport entre l'énergie de la décomposition de CO^2 et la production de la substance sèche à la lumière blanche et à la lumière colorée. Je prends le poids sec d'une plante à la fin de l'expérience et je l'exprime en pour 100 du poids sec absolu obtenu sous le châssis au verre blanc; je fais un calcul semblable pour l'énergie de la décomposition de CO^3 (Voir tableau III, page 10).

Les nombres du tableau III nous montrent que la fixation réelle du carbone par la plante verte ne correspond pas dans les cas à l'énergie possible de la décomposition de CO^2 par les feuilles. A la lumière blanche du jour c'est un excès de lumière qui ralentit la fixation du carbone. J'ai montré dans un travail antérieur (1) que ce phénomène est très répandu dans la nature et qu'il joue un rôle important dans la formation de diverses associations naturelles des plantes. Récemment M. Combes (2) a publié un article détaillé

(1) Lubimenko, W. *Production de la substance sèche*, etc. l. c.

(2) Combes, R. *Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux aux divers stades du développement.* (Ann. d. Sc. nat., Bot., IX^e sér.; t. XI; 1910).

TABLEAU II

ÉCLAIREMENTS	*Raphanus sativa*						*Phaseolus vulgaris*			*Pisum sativum*		
	Poids sec d'une plante, en grammes, au bout de :											
	6 jours	12 jours	20 jours	28 jours	38 jours	48 jours	10 jours	20 jours	60 jours	10 jours	20 jours	30 jours
Lumière blanche												
Châssis à verre blanc	0.021	0.078	0.270	0.822	2.054	3.088	0.279	0 592	7.600	0.210	0.332	0.540
Châssis recouvert par une couche de papier	0.022	0.100	0.240	0.735	1.330	3.578	0 286	0.981	9.050	0 217	0.371	0.585
Châssis recouvert par deux couches de papier	0.026	0.103	0.226	0.914	1 321	3.974	0.250	0.630	8.250	0.225	0.336	0 547
Lumière colorée												
Châssis rouge	0.007	0.014	0.030	0.034	0.041	0.153	0.030	0.246	1.970	0.124	0.147	0.162
» orange	0.004	0 011	0.013	0.013	0.026	0.054	0.031	0.182	0.955	0.121	0.121	0 121
» vert	0.001	0.002	0.002	0.004	Plantes sont mortes		0.075	0.124	0.148	0.102	0.015	0 015
» bleu	0.008	0.013	0.031	0.089	0.120	0.186	0 033	0.204	1.750	0.138	0.160	0.225

ÉCLAIREMENTS	*Tropæolum majus*							*Daucus Carota*				
	Poids sec d'une plante, en grammes, au bout de :											
	14 jours	20 jours	28 jours	40 jours	48 jours			10 jours	19 jours	31 jours	44 jours	53 jours
Lumière blanche												
Châssis au verre blanc	0.355	0 749	1.293	—	1 984			0 0050	0.0112	—	—	0.349
Châssis recouvert par une couche de papier	0.356	0.918	1.397	—	2.850			0.0060	0.0157	—	—	0.352
Châssis recouvert par deux couches de papier	0.402	0.875	1 866	—	2.939			0.0053	0 0251	—	—	0 471
Lumière colorée												
Châssis rouge	0.122	0.107	0.221	0.234	0.307			0.0016	0.0026	0.0030	0 0041	0 0121
» orange	0.114	0 092	0 105	0.125	0 175			0.0013	0.0017	0.0024	0.0036	—
» vert	0.094	0.044	0 051	0.045	0 055			0.0009	0.0009	Plantes sont mortes		
» bleu	0.129	0.141	0.161	0.378	0 575			0.0022	0 0034	0.0034	0 0151	0.0262

TABLEAU III

ÉCLAIREMENTS	*Raphanus sativa*		*Phaseolus vulgaris*		*Pisum sativum*		*Tropæolum majus*		*Daucus Carota*	
	Energie assimilatrice	Production de la substance sèche	Energie assimilatrice	Production de la substance sèche	Energie assimilatrice	Production de la substance sèche	Energie assimilatrice	Production de la substance sèche	Energie assimilatrice	Production de la substance sèche
Lumière blanche										
Châssis à verre blanc.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Châssis recouvert par une couche de papier.	88	116	90	119	91	108	82	143	82	101
Châssis recouvert par deux couches de papier	66	128	74	108	77	101	72	148	77	135
Lumière colorée										
Châssis rouge	22	5	16	25	34	30	37	15	20	4
» orange	18	2	9	12	21	22	30	9	17	—
» vert	1	0	1	0	2	0	4	3	0,2	—
» bleu	18	6	13	23	22	41	24	29	16	7

sur cette question. Ce botanique a obtenu les mêmes résultats pour les divers stades du développement de la plante, sauf le stade de maturation des fruits. En faisant l'analyse des données expérimentales, M. Combes exprime l'idée que l'optimum de l'éclairement ne reste pas constant pour toute la vie de la plante ; l'intensité lumineuse optima est différente pour une même espèce, suivant le stade du développement, et sa valeur absolue est la plus grande au moment de la maturation des fruits.

Nos expériences montrent, d'autre part, que l'action retardatrice d'un excès de lumière sur la fixation du carbone n'est pas due à une faible assimilation chlorophyllienne. Par conséquent, ce n'est pas la décomposition de CO^2 qui est influencée directement dans ce cas. L'expérience montre, que l'appareil chlorophyllien exposé pendant une heure par exemple, à un éclairement supérieur à l'éclairement optimum pour la fixation du carbone, produit un travail photochimique correspondant à l'intensité de la lumière.

Mais l'activité des feuilles vertes subit un changement important dans le cas où ces organes sont exposés à un trop fort éclairement pendant un temps prolongé. La décomposition de CO^2, réelle, exprimée par la production de la substance sèche, devient sensible-

ment moindre à l'éclairement plus fort que l'éclairement optimum.

On constate un phénomène analogue à la lumière colorée. L'appareil chlorophyllien exposé à l'action des rayons de diverses couleurs produit un travail photochimique maximum aux rayons rouges dans le cas où cette exposition ne dure pas longtemps. Si l'on prolonge l'exposition, le travail photochimique aux rayons rouges diminue fortement et devient même moindre qu'aux rayons bleu-violets.

Comment expliquer ce phénomène ? J'ai exprimé antérieurement l'idée que la lumière joue un rôle double dans la photosynthèse. Une forte lumière est utilisée d'abord par la plante pour la décomposition de CO^2 et la synthèse du premier produit organique. Mais l'incorporation de ce produit demande aussi de l'énergie lumineuse et c'est une faible lumière qui est utilisée ensuite dans ce cas.

La fixation du carbone par la plante verte, en réalité, est déterminée par l'énergie de l'incorporation des produits organiques élaborés par les feuilles.

A ce point de vue l'assimilation chlorophyllienne n'est pas une simple série des réactions chimiques qui forment la synthèse du premier produit organique, mais elle est une fonction de l'organisme et son énergie réelle est déterminée, en premier lieu, par les besoins de l'organisme, c'est-à-dire par un nombre d'autres processus chimiques intimement liés à la fixation du carbone. L'appareil chlorophyllien, comme un organe physiologique, possède une certaine force suffisante pour fournir un travail aux besoins de l'organisme mais la quantité réelle de ce travail fourni est déterminée et réglée par l'organisme même.

Nos expériences ont démontré que l'appareil chlorophyllien peut fournir à un fort éclairement, par la lumière blanche, une quantité de travail photochimique beaucoup plus grande que celle que demande l'organisme. Un phénomène analogue se produit à la lumière colorée, sous l'action des rayons rouges.

L'organisme ne peut pas utiliser dans ces conditions toute la force de l'appareil chlorophyllien et la fixation du carbone devient moindre que la valeur qu'on peut calculer d'après cette force.

Le fait le plus important qui découle des résultats de nos expériences, c'est le rôle particulier des rayons bleu-violets dans la fixation du carbone. Ce fait donne à penser que la photosynthèse

chlorophyllienne passe par deux stades successifs où les rayons de diverses longueurs d'ondes accomplissent leur travail spécifique. Le premier de ces stades consiste dans une série de réactions photochimiques qui forment la synthèse du premier produit organique en partant de CO^2 et de l'eau. La plante utilise pour ce travail, au moyen de son appareil chlorophyllien, la force des rayons rouges du spectre solaire. Les rayons d'autres couleurs absorbés par la chlorophylle ne servent dans ce cas que pour augmenter la quantité totale d'énergie employée. La plante a besoin de concentrer, pour effectuer la décomposition de CO^2, une forte quantité d'énergie calorifique; et ce sont les rayons rouges qui sont les plus utiles dans ce cas.

Mais le produit organique obtenu au cours du premier stade doit être fixé dans le corps de la plante et cette dernière emploie aussi, pour ce travail de fixation, l'énergie lumineuse; seulement cette fois ce sont les rayons bleu-violets qui sont surtout utilisés. Le second stade de la photosynthèse demande donc une plus faible concentration d'énergie calorifique que le premier, et ce sont les rayons bleu-violets qui peuvent accomplir le mieux ce travail.

Il est bien probable que la plante utilise aussi l'appareil chlorophyllien au cours du second stade de la photosynthèse et c'est par cette utilisation qu'on peut expliquer le fait que la chlorophylle absorbe très fortement les rayons bleu-violets peu actifs dans la décomposition de CO^2.

Nous n'abordons pas ici la question de l'influence de la lumière colorée sur la structure anatomique ainsi que sur le développement morphologique des plantes, car les filtres foncés que nous avons employés pour bien séparer les groupes de rayons choisis, laissent passer trop peu de lumière. Par conséquent, nos plantes ont subi non seulement l'influence spécifique de la lumière colorée mais aussi l'influence de l'étiolement partiel. Il est intéressant de remarquer tout de même que les diverses espèces se comportent différemment à la lumière verte. Dans la majorité des cas les plantes meurent à cette lumière bien avant la floraison; mais certaines espèces, comme *Phaseolus vulgaris* par exemple, donnent des fleurs, malgré la perte en poids sec par rapport au poids sec des graines.

Je joins ici deux photographies représentant la Carotte sous les sous les divers chassis. On voit que le développement extérieur des plantes correspond à la fixation réelle du carbone à la lumière ordinaire ainsi qu'à la lumière colorée (Voir ***Planche* I**).

CONCLUSIONS

On peut tirer, de tout ce que nous venons de dire, les conclusions suivantes :

1° Il existe pour la production de la substance sèche par la plante verte un éclairement optimum, mais la valeur absolue de cet éclairement optimum est moindre que celle à laquelle l'appareil chlorophyllien peut fournir le maximum de travail photochimique exprimé par la décomposition de CO^2.

2° L'énergie de la décomposition de CO^2 par une feuille verte à la lumière colorée dépend de l'absorption de divers rayons colorés par la chlorophylle ainsi que de leur énergie calorifique.

3° La fixation réelle du carbone par la plante verte, exprimée par l'augmentation du poids sec au cours de son développement, est influencée inégalement par les rayons de diverses couleurs. La production maxima de la substance sèche correspond aux rayons bleu-violets et non aux rayons rouges du spectre. L'augmentation du poids sec aux rayons jaune-oranges est inférieure à celle des rayons rouges et le minimum de cette augmentation tombe sur les rayons verts.

4° Il faut supposer que l'assimilation chlorophyllienne comprend deux stades successifs. Le premier stade est caractérisé par la décomposition de CO^2 et la synthèse du premier produit organique. La plante utilise, avec prépondérance, au cours de ce stade, l'énergie des rayons rouges du spectre solaire. Le second stade est caractérisé par la fixation définitive du premier produit organique, élaboré dans la cellule verte, et la plante emploie pour ce travail surtout les rayons bleu-violets.

Ce travail a été fait en 1908 au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et je profite de l'occasion pour exprimer ma plus vive reconnaissance à M. le Directeur du Laboratoire, M. Gaston Bonnier pour ses précieux conseils et son hospitalité toujours gracieuse.

Crimée, Yalta, Jardin Impérial botanique de Nikita
20 novembre 1910

EXPLICATION DE LA PLANCHE 1

Développement de la carotte à diverses intensités de lumière blanche et à la lumière colorée.

En haut : les plantes qui ont séjourné 44 jours sous les châssis.

Pot I En plein air.
» II Sous le châssis au verre blanc ordinaire.
» III Sous le châssis recouvert par une couche de papier paraffiné.
» IV Sous le châssis recouvert par deux couches de papier paraffiné.
» V Sous le châssis orange.
» VI — rouge.
» VII — vert
» VIII — bleu.

En bas : les plantes qui ont séjourné 53 jours sous les châssis.

La désignation des pots I, II, III et IV est la même que pour la figure précédente. Les plantes, sous les châssis orange et vert sont mortes à cette époque: **c'est pourquoi sont représentées sur la figure seulement les plantes développées sous le châssis rouge et sous le châssis bleu.**

ESQUISSE DE LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DE LA FORÊT DE COMPIÈGNE

par M. DEBEAUPUIS

La richesse de la flore des environs de Compiègne est connue depuis longtemps. Pourtant bien des botanistes qui n'ont pu y faire que de courtes excursions sont souvent repartis avec l'idée d'une réputation surfaite; cela peut s'expliquer par la distance, relativement grande, qui sépare la ville des stations les plus riches.

Les observations relatives à la forêt de Compiègne remontent, en réalité, à une époque fort ancienne. On en trouve dans les ouvrages de Tournefort et dans le *Botanicon Parisiense*, reproduites ensuite, sans vérification par la flore de Thuillier-Cambry (*description du département de l'Oise*, 1803, t. II, p. 370-422) donne aussi certaines indications, mais ayant trait pour la plupart à des espèces fort vulgaires. Au contraire, M. de la Fons, baron de Mélicocq, a consigné avec beaucoup plus de méthode un certain nombre de plantes intéressantes végétant surtout à la lisière Nord de la forêt.

Mais l'exploration rationnelle n'a commencé réellement qu'avec Pillot, Boivin, Léré. Graves, après 27 ans de voyages à travers le département, a accumulé dans son *Catalogue des plantes observées dans le département de l'Oise* (Beauvais, 1857), une foule d'indications précieuses à plus d'un titre.

Enfin, il faut mentionner les recherches plus spéciales de Merche, sur les Graminées de la région; celles de l'abbé Questier, vers l'extrême sud de la forêt.

Depuis, la liste s'est encore complétée par les explorations fruc-

tueuses des Marcilly père et fils (1), du comte de Marsy et d'autres botanistes locaux.

Aussi, avec de tels précédents, la tâche m'a été singulièrement facilitée. Cependant, je ne crois pas ma peine inutile, parce qu'avec le temps, certaines de ces observations sont devenues inexactes. Aussi, il m'a paru intéressant d'en faire une révision sérieuse, d'y ajouter bon nombre de remarques personnelles et récentes, de fixer en un mot, la végétation de la forêt de Compiègne au « stade » 1910. Il faut ajouter qu'un essai de géographie botanique proprement dite n'y avait jamais été tenté.

Avant d'entrer avec détails dans l'esquisse botanique, il est nécessaire de connaître préalablement les limites de la région explorée, ainsi qu'un certain nombre de notions topographiques et géologiques, qui vont être passées rapidement en revue. Ce mémoire se trouve donc divisé naturellement en deux parties d'importance inégale.

(1) Voir à ce sujet une série de notes dans le *Guide du Botaniste herborisant*, par B. VERLOT, p. 365-378. Paris, 1886. — Et des indications diverses dans les flores de MERAT, COSSON et GERMAIN, etc.

PREMIÈRE PARTIE

TOPOGRAPHIE GÉNÉRALE

---

§ 1. — Limites

La forêt de Compiègne s'étend uniquement au Sud et au Sud-Est de la ville. Dans son ensemble, on peut la considérer comme limitée : 1° au Nord, par l'Aisne, depuis son confluent jusqu'en aval de Trosly-Breuil; 2° vers l'Est, par une ligne conventionnelle constituée par la route de Marzillac et celle qui, de Pierrefonds, va rejoindre la route de Villers-Cotterêts en passant par Palesne; 3° vers le Sud par une ligne irrégulière prenant contact à l'Oise, en aval de La Croix pour gagner la route de Villers-Cotterêts en joignant les postes forestiers de la Basse-Queue, de St-Sauveur, du Hazoy, le carrefour des Tournelles, l'Étoile de la Reine, le carrefour des Vestales; 4° à l'Ouest, par l'Oise.

Ainsi délimité, le massif boisé comprendrait une superficie de 15.000 hectares environ. Il s'étend en majeure partie sur le canton de Compiègne, sur ceux de Crépy-en-Valois et d'Attichy pour certains triages extrêmes.

Il faut remarquer que les limites naturelles manquent à l'Est et au Sud. L'individualité géographique de la forêt aurait tout à gagner si on lui accordait les limites suivantes : 1° à l'Ouest, l'Oise; 2° au Nord, l'Aisne; 3° à l'Est, la ligne de faite du mont Collet, se prolongeant par celle des collines qui contournent la gorge du Han jusqu'à Pierrefonds, puis bordent à droite la route de Palesne jusqu'à celle de Villers-Cotterêts; 4° au Sud, une ligne sinueuse se suivant la crête nord du plateau de Champlieu en se dirigeant ensuite vers le Four d'en Haut, les Grands Monts et les Petits Monts.

On laisse ainsi de côté, à l'extrême Sud, le plateau de Champlieu ainsi qu'une partie des territoires de St-Sauveur et de Béthisy; mais ces derniers appartiennent incontestablement à la vallée de l'Automne, comme le prouve très nettement l'inclinaison des « cavées ». On a, de plus, l'avantage de circonscrire un bassin très net traversé presqu'à angle droit par l'Oise et l'Aisne et fermé au Sud et à l'Est par une ligne de faite en quart de cercle, comme on va le voir au chapitre suivant.

§ II. — Relief.

Vue dans son ensemble, la région ne peut pas être mieux comparée qu'à un quart de cuvette, dont le centre serait Compiègne, les deux rayons inégaux : l'Oise et l'Aisne.

La plaine, au fond de cette cuvette, couvre, à elle seule, un peu plus des deux tiers de la forêt; au Nord, une série de collines discontinues accompagne à distance le cours de l'Aisne et, ça et là, quelques dos sablonneux viennent rompre à peine son uniformité. On peut fixer ses limites ainsi qu'il suit :

1° à l'ouest, l'Oise;

2° au nord, la route Eugénie jusqu'à Vieux-Moulin;

3° au nord-est, la voie ferrée, depuis Vieux-Moulin jusqu'à la hauteur de Batigny.

4° au sud, la route de Batigny, prolongée par celle de St Je-an-aux-Bois à La Croix St-Ouen.

Après cette dernière ligne commencent des crêtes, en terrasses successives, généralement sablonneuses et parallèles entre elles, séparant d'abord les vallées des différents rûs, pour atteindre une hauteur maximum vers le plateau de Champlieu, incliné, lui, sur la vallée de l'Automne.

Une ligne de faite très nette est constituée de la manière suivante :

1° Au sud-ouest et au sud : crêtes sinueuses, d'une série de collines encadrant St-Sauveur au nord, et les Prés du Rosoir au sud; Butte des Princesses; Grands Monts (141 m.) (1); Petits Monts

(1) Voir la carte (*Planche 3*) ; les chiffres indiquent les côtes au-dessus du niveau de la mer.

(122 m.); Tête St-Jean; hauteurs de la Fortelle, de la Héronnière, du Voliard; plaine du haut Palesne (145 m., point culminant).

2° à l'est : Mont St-Pierre (137 m.); son annexe le mont Arcy (100 m.).

3° au nord : mont Collet (122 m.) ; mont St-Marc (131 m.); hauteurs du Précipice; les Beaux-Monts; mont du Tremble.

L'inclinaison générale Est-Nord-Est = Ouest-Sud-Ouest ne souffre qu'une seule exception : vallée de Berne (Sud-Est = Nord-Est). Ainsi, une série de massifs continus circonscrivent nettement la cuvette au sud, où les hauteurs sont maxima; un col (84 m.) laisse après Pierrefonds un passage oblique au rû de Berne; au Nord, des collines discontinues bordent parallèlement le cours de l'Aisne.

Les trois schémas qui ont été placés à la fin de ce mémoire peuvent très bien rendre compte de l'allure générale de la contrée.

Le premier suit la route du Puits-du-Roi, puis celle de Champlieu jusqu'au plateau de ce nom, en traversant différents rûs, la butte des Princesses et les Grands Monts.

Le second représente une coupe des reliefs qu'on rencontrerait en allant, depuis Rethondes jusqu'au poste forestier de l'Étoile de la Reine; on y remarquera l'allure du mont St-Marc.

Enfin, la troisième figure n'est plus orientée du Nord au Sud, mais de l'Ouest à l'Est, depuis La Croix St-Ouen jusqu'à Pierrefonds.

Si l'on prend le point le plus bas, situé sur l'Oise, en aval de La Croix (33 m.5) et le point culminant (Haut Palesne, 145 m.), on constate une dénivellation en ligne verticale de 110 mètres, peu importante au premier abord, mais qui joue pourtant un rôle certain dans la distribution de quelques espèces végétales, comme on le verra dans un chapitre ultérieur.

§ III. — Hydrographie

L'hydrographie est en rapport étroit avec le relief, qui lui imprime ses caractères. Au centre et au nord, la plaine, à peine inclinée du Nord-Est au Sud-Est ne nous montre pas même un ruisseau. Au contraire, les hauteurs du Sud et du Sud-Est constituent un puissant centre de dispersion. On voit s'y former des « rûs » qui dévalent les

pentes à vive allure, mais pour se régulariser bientôt. Leur inclinaison Sud-Est = Nord-Est est remarquablement constante.

Bientôt, après une dizaine de kilomètres, la vallée de l'Oise les attire; ils coulent parallèlement à la rivière avant de confluer définivement.

Sur la carte, on trouvera les noms divers de ces rûs, qui sont assez intéressants au point de vue de la géographie botanique. Les constatations suivantes y seront faciles à faire :

1° Présence exclusive des cours d'eau en contrebas des collines méridionales;

2° Parallélisme de leur cours (N. E.-S. O.);

3° Parallélisme à l'Oise, avant leur embouchure;

4° Présence d'affluents uniquement sur leur rive gauche.

Un seul élément échappe à ces généralités : c'est le rû de Berne. Né réellement au Sud-Ouest de Pierrefonds, il profite d'un col pour rentrer dans la forêt, entre les collines du Voliard et les pentes relevées sur la Chenoie, puis, par un nouveau coude, s'insinue entre le mont St-Marc et les Beaux-Monts, pour courir à l'Aisne. C'est la petite Meuse du bassin de Compiègne.

Quant à l'Oise et à l'Aisne, ce sont deux grands cours d'eau sur les rives desquels certaines plantes étrangères ont été véhiculées, comme on le verra dans la seconde partie de ce mémoire. Pour être complet, il faut ajouter qu'il n'existe aucun étang naturel dans la forêt; la main de l'homme a creusé ceux de St-Pierre, de Ste-Périne, de St-Nicolas de Courson, de Pierrefonds, de Batigny, de l'Etau, le Vivier Frère-Robert et le Vivier Corax.

Par contre, on y trouve de nombreuses sources sur le pourtour montagneux Sud et Est, principalement sur les Grands Monts, autour de Vaudrempont, de Pierrefonds, de St-Nicolas de Courson, au mont Collet et au mont St Marc.

En terminant, on peut dire qu'entre les limites de la plaine centrale et les hauteurs périphériques s'étend, sinon un marécage continuel, du moins une région bien arrosée, où la tourbe même apparaît ça et là.

J'attire spécialement l'attention sur le rû de Berne, sa direction, sa position excentrique ; on en verra plus loin l'utilité.

§ IV. — Climatologie.

Il y a peu de chose à dire sur ce sujet; la région explorée est trop restreinte, les altitudes trop faibles pour signaler des faits précis qui pourraient éclairer la géographie botanique; à peine peut-on remarquer sur certains points dénudés de l'extrême Sud, un retard de la végétation, comparativement à celle de la plaine ombragée.

§ V. — Géologie

Il convient d'insister un peu sur les données géologiques qui jouent un rôle tout à fait prépondérant pour la répartition de certains végétaux dans la forêt.

Deux éléments fondamentaux : calcaire (diverses formes) et sables glauconieux sont les caractéristiques de la région. La plaine basse repose sur un calcaire crayeux continu (crétacé supérieur) compris entre Royallieu, La Croix St-Ouen, les carrefours de la Bouverie, du Pélican, de Malassise, de Laigue, de la Muette, la Faisanderie et Compiègne. Ce calcaire fait facilement à froid effervescence avec l'acide chlorhydrique; on le trouve généralement recouvert de sables divers, à 0m25-3 m. au-dessous de la surface; mais, ça et là, sur la route de Crépy et près de la Bréviaire, par exemple, la couche est à nu.

Les sables glauconieux, inférieur (Thanétien) et moyen (Yprésien, ou Cuisien) (1), occupent en général, toute la surface de la plaine, et les bases des hauteurs périphériques jusqu'à 95-110 m. D'un blanc terne assez agréable au fond des ruisseaux qui les ont arraché aux coteaux, la couleur de ces sables est grisâtre sur le sol; dans les tranchées, avec points de glauconie, caractéristiques.

Le mont Arcy, le mont du Tremble, les Beaux-Monts sont entièrement constitués par ces sables surtout Cuisiens. Le mont St-Pierre présente quelques variantes; de bas en haut on y rencontre en effet :

1° Des grès assez volumineux;

2° Des sables glauconieux, inférieur (Thanétien) et moyen (Cuisien), avec quelques fossiles (45-95 m.);

(1) Le Sparnacien est peu abondant.

3° Une couche d'argile discontinue, avec nappe d'eau (argile paniselienne);

4° La glauconie grossière (97-105 m.) en bancs endurcis, irréguliers (lutétien inférieur);

5° Un sable calcaire (105-115 m.) riche en nummulites, passant insensiblement à l'élément suivant (lutétien moyen);

6° Un calcaire tendre, granuleux, peu épais (115-120 m.) (lutétien moyen);

7° Enfin, au sommet, une mince couche de sable précédant la terre végétale.

Le mont St-Marc, le mont Collet, de l'autre côté du rû de Berne, ont une composition sensiblement identique jusqu'au sable calcaire. Viennent ensuite du sable à nummulites, en roche dure (115-119 m.); du calcaire grossier, tendre, mais solide, à grain fin, homogène (120-125 m.); enfin, des couches de calcaire délité granuleux, fragmenté probablement par les agents atmosphériques; au-dessus, $0^m,15$-$0^m,30$ de terre végétale.

Les Beaux Monts, le mont du Tremble, à l'ouest du mont de St Marc, n'ont plus de calcaire grossier, vu leur altitude moindre. On y trouve seulement au sommet des fragments endurcis de glauconie, à gros grains de quartz. Peu ou point de fossiles. Les pentes sont recouvertes de rognons calcaires, et vers la base, de plaquettes de calcaire lacustre, qui sont l'équivalent du calcaire de Mortemer. Sur la plaine, le sable est sans mélange.

Les hauteurs méridionales ont à peu près la même composition que le mont St-Pierre; les sables glauconieux y ont, cependant, une plus grande épaisseur; les crêtes sont donc surtout constituées par des calcaires à nummulites. Le calcaire grossier réapparaîtrait si l'altitude était supérieure, comme sur les coteaux de Béthisy, dans la vallée de l'Automne.

Une couche d'argile (argile paniselienne), quelquefois discontinue, se trouve très souvent, entre 100-115 mètres, au-dessous des calcaires; il en résulte un niveau d'eau qui alimente la plupart des ruisseaux de la forêt. A la gorge du Han, on ne sera donc pas étonné de trouver des marécages au sommet d'un coteau. Au mont St-Marc, sur la Héronière, le Voliard, les Grands-Monts, des exsudations et des sources filtrent sur les lambeaux de cette couche d'argile.

Des sables à lignites (Sparnacien) et des sources sulfureuses existent dans la vallée de Berne; le bois pétrifié y est assez répandu; en revanche, les fossiles sont relativement rares. On n'en trouve qu'un puissant gisement près ide la gorge du Han, lieu dit le Fond Couturier, sur le chemin qui conduit des Étangs de St-Pierre aux Usages de Cuise-Lamotte. Les coquilles gisent au milieu d'un sable blanc à grains noirâtres (1).

Aux couches tertiaires énumérées plus haut, il faut adjoindre les terrains de transport de l'Oise et de l'Aisne, sables avec blocs de grès, calcaires à nummulites roulées, bois pétrifiés, galets, fossiles et débris de roches étrangères à la région, mais transportées lors des grandes crues. Ceux de l'Oise ont 1m50-2 m. d'épaisseur au maximum. Ceux de l'Aisne sont toujours beaucoup plus importants. Cela peut s'expliquer : 1° par l'inégalité de vitesse des deux rivières, l'Aisne, même près du confluent, ayant un courant beaucoup plus rapide que celui de l'Oise; 2° par le fait qu'à Compiègne, l'Oise n'est qu'à moitié de son parcours, tandis que l'Aisne arrive à l'estuaire; 3° parce que des coteaux ne s'opposent pas aux dépôts, sur les bords de l'Aisne, comme sur ceux de l'Oise, flanqués à l'ouest par les buttes du Ganelon et de Margny-les-Compiègne.

Aussi le gravier s'étend sur une large surface entre Rethondes, le Francport et Choisy, surtout sur la rive gauche de l'Aisne. On peut facilement l'observer : 1° au Buissonnet; 2° dans une grande « gravière », aujourd'hui entreillagée, située à gauche de la route de Soissons, avant le carrefour d'Aumont; 3° dans une clairière herbeuse, à droite de la même route, plus près de Bellicart; 4° dans une gravière que borde à droite la route de Francport, et dans celle, encore en exploitation, qui mène de la route de Soissons au Pont de Choisy.

Le sable jaunâtre, mêlé de graviers, se continue de là vers Compiègne et le lit de l'Oise, jusqu'à ce qu'il soit recouvert par l'alluvion marécageuse moderne. En aval du confluent, rive droite de l'Oise, le gravier reparaît dans toute la partie basse, comprise entre la rivière et les coteaux de Margny ; les fosses dans lesquelles on l'extrait (3 m. au maximum) montrent des galets de grosseurs assez diverses. Le dépôt diminue peu à peu d'épaisseur et finit en coin sur les talus.

(1) S. Meunier. — Excursions géologiques à travers la France, p. 57-59.

Des matières alluviales se trouvent en aval de Venette, mélangées avec les galets de la glauconie inférieure. On les retrouve aussi entre La Croix St-Ouen et le carrefour de la Vieille-Meute. Les cailloux semi-roulés sont à la surface du sable glauconieux, avec des bois pétrifiés, du silex, des fragments de meulière.

En résumé, si l'on récapitule, selon l'ordre géologique, l'ensemble des strates qui viennent d'être signalées, on obtient de bas en haut l'échelle suivante

1° *Craie blanche* : Compiègne, Royallieu (recouvert);

2° *Sables glauconieux* (*Sables de Bracheux*, Thanétien) : basse forêt, bases des hauteurs.)

3° *Sables et lignites sparnaciens* : vallée de Berne : Batigny, Pierrefonds;

4° *Sables glauconieux avec rognons calcaires et fossiles cuisiens* : Beaux-Monts; mont du Tremble (90-110 m.);

5° *Argile paniselienne* (couche plus ou moins continue);

6° *Calcaire Lutétien* à *Nummulites* : sommets des hauteurs méridionales principalement); *grossier* : sommets du mont Collet et du mont St Marc;

7° *Terrains de transport de l'Aisne et de l'Oise.*

Plus tard, nous aurons à caractériser botaniquement chacune de ces formations. La végétation des sables glauconieux sera tout à fait tranchée; le *Carex arenaria* L. et la var. *Reichenbachii* Ed. Bonn. donneront lieu particulièrement à des remarques intéressantes.

***

Ayant terminé l'exposé des considérations d'ensemble dont la connaissance préalable nous est nécessaire, il reste maintenant à entrer dans la partie capitale du sujet avec toute l'ampleur qu'elle comporte.

DEUXIÈME PARTIE

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE PROPREMENT DITE DE LA FORÊT DE COMPIÈGNE.

J'essayerai de donner ici un aperçu aussi réel et aussi complet que possible de la remarquable végétation de la forêt. Tout d'abord on y trouvera une liste des principales Phanérogames qu'on y rencontre sous la dépendance constante d'un facteur physique ou géologique; puis, une série de remarques comparatives sur la fréquence ou la rareté, l'origine, la localisation de certaines espèces, le polymorphisme d'organes divers, etc. Ensuite, les botanistes amateurs y liront certains renseignements sur les différentes localités où se maintiennent des plantes intéressantes par leur rareté dans la flore des environs de Paris. Mon intention aurait été d'allonger beaucoup cette liste, mais je n'ai pu le faire tout à mon gré, afin de ne pas donner à ce travail l'allure d'un gros catalogue. Enfin, par quelques faits significatifs, je m'efforcerai, en concluant, de situer la végétation de Compiègne comparativement à celle des environs immédiats de Paris, ou de régions plus septentrionales.

§ I. — Aperçu général de la végétation

Sur les 15.000 hectares du massif boisé, des enclaves cultivées se trouvent disséminées ça et là autour des villages et des hameaux. Des prés s'insinuent dans les parties basses et humides, notamment aux environs de Vieux-Moulin, Rethondes, Pierrefonds, sur les bords des rûs du Rozoir, des Planchettes, etc. L'étendue réelle de la forêt se trouve ainsi diminuée de 1.900 hectares; ce ne sont pas d'ailleurs les terrains les moins intéressants pour le botaniste.

Quant au reste, il est couvert par des essences forestières assez peu variées : le Hêtre, le Chêne, dominent de beaucoup; viennent ensuite le Frêne, l'Orme, le Bouleau; quelques Chataigniers ça et là. Les Conifères, qui impriment à une forêt un aspect caractéristique, sont peu abondantes et localisées sur un petit nombre de points : autour de St-Jean-aux-Bois, entre Rethondes et Vieux-Moulin, près du Buissonnet et dans le sud-ouest vers Lacroix St Ouen. Le *Pinus silvestris* est d'ailleurs à peu près leur représentant unique, mêlé avec quelques *Abies*. Sous l'ombrage très épais ne végètent pas d'espèces bien spéciales, au moins pour les Phanérogames et les Cryptogames vasculaires, mais certaines Graminées ombrophiles, divers Carex, comme *C. muricata*, *C. divulsa*; quand le sol est glauconieux, on y voit aussi apparaître *Carex arenaria*, et même *Dianthus deltoides*.

Un certain nombre d'espèces ont été introduites par l'administration forestière. Ainsi, le *Syringa vulgaris* L. forme aujourd'hui autour du Vivier Corax des tirés très giboyeux où il s'est complètement naturalisé. De même, on ne sera pas étonné de rencontrer au milieu *Cratægus Oxyacantha*, *Spiræa hypericifolia*, *S. salicifolia*, *S. crenata*, etc. Ont été également importés : *Quercus Castanea*, *pedunculata*, *fastigiata*, *rubra*, *macrocarpa*, *coccinea*, *Phellos tinctoria*, principalement au bois Michaut; *Alnus americana*, *Planera ulmifolia*, çà et là, dans les lieux humides; *Celtis australis*, *Cedrus Libani*, près des Beaux-Monts, *Carpinus americana*, *virginica*, etc. Le *Myrica Gale* L. existait encore il y a une dizaine d'années autour des Étangs de St-Pierre. L'*Actæa spicata* L. planté par Léré en 1835, notamment au carrefour du Saut du Cerf, ne s'y est pas naturalisé.

La forêt de Compiègne, soigneusement entretenue dans sa plus grande partie, est un champ d'investigations faciles. Il n'en est pas toujours de même vers l'extrême Sud, où des taillis touffus, des obstacles de tous genres et un sol souvent spongieux rendent l'exploration difficile; ce fut toujours une région délaissée par la plupart des botanistes amateurs, à grand tort d'ailleurs.

§ II. — Influence du relief

110 mètres seulement de dénivellation en ligne verticale suffisent pour exercer une influence sur la répartition relative de quelques espèces végétales.

J'ai trouvé comme plantes d'altitude :

Vinceloxicum officinale Mœnch
Origanum vulgare L.
Cephalanthera rubra Rich.
Atropa Belladona L.
Helleborus fœtidus L.
Teucrium Botrys L.
Teucrium Chamædrys L.
Bupleurum falcatum L. (1)

Cette liste, trop complète, doit être rectifiée. Seules, les quatre premières espèces demeurent bien typiques, tandis que la station des *Helleborus fœtidus* L., *Teucrium Botrys* L., *Teucrium Chamædrys* L. et *Bupleurum falcatum* L. est déterminée plutôt par la présence du calcaire. Au contraire, *Vinceloxicum officinale* Mœnch, *Origanum vulgare* L., *Cephalanthera rubra* Rich., *Atropa Belladona* L. se retrouvent aussi sur toutes les buttes dont l'altitude n'est pas suffisante pour voir apparaître l'élément calcaire. Le facteur géologie ne semble donc jouer aucun rôle dans leur localisation.

Une nombreuse série d'intermédiaires s'observent à la fois sur les collines et dans la plaine. Ce sont :

Veronica montana L.
Aquilegia vulgaris L.
Sanicula europæa L.
Asperula odorata L.
Gentiana cruciata L.
Cynoglossum montanum Link.
Stachys alpina L.
Hypericum montanum L.

Les quatre premières espèces précitées sont surtout propres aux terrains ombragés, un peu frais. Le *Gentiana cruciata*, bien que sa véritable station soit les plateaux calcaires, croît aussi dans les sables glauconieux (Beaux-Monts, route des Lorrains, etc.). Quant au *Cynoglossum montanum*, il est intéressant aussi à un autre point de vue qui nécessitera même plus loin un chapitre spécial.

Le *Stachys alpina*, qui, dans la forêt, végète sur le calcaire nummulitique (95-115 m.), par exemple, au Four d'en Haut et à la Fontaine au Porcher se trouve à Beaumanoir, à 14 kilomètres de Compiègne, sur les bords de l'Aronde (38 mètres seulement d'altitude). C'est un cas de descente bien prononcé.

Le relief, assez minime, joue donc, somme toute, un rôle peu important dans la géographie botanique de la forêt de Compiègne.

(1) Dans toutes les énumérations, les espèces sont rangées selon leur fréquence

§ III. — Influence de l'humidité

Le régime des pluies étant sensiblement le même pour toute l'étendue du massif boisé, il doit en résulter une opposition très nette entre la plaine, relativement sèche, sablonneuse, et la végétation située au flanc des coteaux bien arrosés. C'est ce qui a lieu : la végétation est en rapport direct avec l'hydrologie. A ce sujet, voici les principaux groupements qu'on peut nettement discerner :

1° Marécages.

Equisetum maximum Lam.
Galium palustre L.
Cirsium oleraceum All.
Scrofularia nodosa L.
Chrysosplenium oppositifolium L.
Scutellaria galericulata L.
Equisetum palustre L.
Samolus Valerandi L.
Myosotis palustris L.
Scrofularia aquatica L.
Epilobium.
Juncus. } Divers.

2° Prés humides.

Lotus uliginosus G. G.
Lychnis Flos-Cuculi L.
Cardamine pratensis L.
Hydrocotyle vulgaris L.
Œnanthe peucedanifolia Poll.
Polygonum hydropiper L.
Scabiosa Succisa L.
Epipactis palustris Crantz
Orchis incarnata L.
Orchis maculata L.
Orchis purpurea L.
Epilobium.
Juncus. } Divers.

3° Bords des grandes rivières (Oise et Aisne).

Inula dysenterica L.
Rumex hydrolapathum Huds.
Palimbia Chabræi D.C.
Sagittaria sagittæfolia L.
Scirpus lacustris L.
Scirpus maritimus L.
Thalictrum flavum L.
Lymnanthemum nymphoides Hoffms et Link.
Glyceria fluitans R. Br.
Potamées.
Hydrocharidées. } Diverses.

4° Prés tourbeux.

Anagallis tenella L.
Pinguicula vulgaris L.
Schœnus nigricans L.
Carex fulva Good.
Carex flava L.
Menyanthes trifoliata L.
Cladium Mariscus R.Br.
Eriophorum latifolium Hoppe.
Ophioglossum vulgare L. (R.).
etc.

5° Bords des rûs et des étangs dans l'intérieur de la forêt.

Allium ursinum L.
Chrysosplenium oppositifolium L.
Carex maxima Scop.
Scirpus lacustris L.
Sparganium ramosum Huds.
» *simplex* L.
Scutellaria galericulata L.
Ranunculus Flammula L.
Impatiens Noli-tangere L.
Oxalis acetosella L.
Helosciadium nodiflorum Koch.
Sium angustifolium L.
Carex remota L.
Pimpinella magna L.

Il faut surtout retenir de ces énumérations *Chrysosplenium oppositifolium Carex maxima*, *Impatiens Noli-tangere*, qui sont trois excellentes caractéristiques positives de la forêt de Compiègne, et sur lesquelles nous aurons d'ailleurs l'occasion d'insister ultérieurement.

§ IV. — Climatologie et influence combinée de l'humidité, de l'ombre, du terrain.

Tout d'abord, le *Cynoglossum montanum* Link doit attirer l'attention.

C'est plutôt, en effet, une plante méridionale, qu'on rencontre par exemple dans les montagnes boisées du Morvan, la vallée du Rhône, le sud-ouest de la France, et même sur certaines pentes alpines, à des altitudes assez diverses. Or, il y a une cinquantaine d'années, la plante fut signalée en forêt de Compiègne. C'est ainsi qu'on trouve à son sujet un paragraphe très documenté dans la flore de Cosson et Germain. Depuis, on l'a rencontrée dans les environs de Paris, en un nombre restreint de localités, et par individus assez solitaires. A Compiègne, les échantillons sont aussi isolés, sans être cependant rares, à la fois sur les tertres (Beaux-Monts, mont du Tremble, collines au Sud de la Michelette) et dans la plaine (route de Pierrefonds, etc.). On les voit croître toujours à des altitudes bien moindres que dans le vrai pays d'origine. La latitude intervenant, il est vraisemblable que l'espèce trouve en forêt des conditions climatiques analogues, qui assureront sa conservation.

Un tel fait, d'ailleurs, n'est pas sans précédent. La présence des *Salix repens* L. et surtout *Swertia perennis* L. aux environs de Villers-Cotterêts ne peut s'expliquer pareillement que par des considérations de ce genre.

A côté de cet exemple remarquable, d'autres témoignent nettement du rôle de certaines conditions climatiques déterminées. Ainsi l'*Anemone Pulsatilla* L. préfère surtout les friches calcaires battues du vent, l'*Helleborus fœtidus* L. les pentes calcaires dénudées, le *Gentiana cruciata* L. les pelouses herbeuses bien exposées. Enfin, l'ombre, l'humidité ou la sécheresse se combinent pour donner lieu en forêt aux associations suivantes :

1° Pelouses arides (généralement sables glauconieux, quelquefois un peu calcaires; quelquefois aussi, sables d'alluvions plus modernes).

Euphorbia Cyparissias L.
Thymus Serpyllum L.
Calamintha Acinos Clairville.
Erodium cicutarium L'Herit.
Scleranthus annuus L.
Herniaria glabra L.
Medicago falcata L.
Ornithopus perpusillus L.
Anthyllis Vulneraria L.
Jasione montana L.
Veronica spicata L.
Cynodon Dactylon Roth.
Stachys recta L.
Ajuga chamæpitys Schreb.
Armeria plantaginea Willd.
Potentilla verna L.
» *Fragariastrum* Ehrh.
Carex arenaria L.

2° Plantes herbeuses.

Coronilla varia L.
Potentilla Tormentilla Sibth.
Dianthus deltoides L.
Scabiosa Columbaria L.
Verbascum Lychnitis L.
Thrincia hirta Roth.
Vinceloxicum officinale Mœnch.
Salvia Pratensis L.
Graminées (diverses).

3° Parties ombragées et un peu fraîches.

Asperula odorata L.
Sanicula europæa L.
Veronica montana L.
Aquilegia vulgaris L.
Arum maculatum L.
Melampyrum pratense L.
Orchis bifolia L.
» *montana* Schmidt.
Ranunculus nemorosus DC.
Silene nutans L.
Paris quadrifolia L.
Pimpinella magna L.
Neottia Nidus-avis Rich.
Oxalis acetosella L.
Arabis sagittata L.
Festuca heterophylla.
Carex. } divers.
Graminées }

On sait que les graines de la plupart des espèces de *Carex*, grâce à un utricule très épais et très dur, peuvent rester des années sans germer si les conditions extérieures sont défavorables, par exemple, si l'ombre est trop épaisse. Au retour de conditions meilleures après la coupe de la futaie ou du taillis, on assiste alors à un réveil subit des *Carex*. Le fait m'avait été signalé il y a quelques années, au sujet d'une invasion de *C. filiformis* dans la région du Francport; personnellement, j'ai pu, l'été dernier, me rendre compte du fait le long de la route de Crépy, où des milliers de *Carex depauperata* L. sont apparus brusquement à l'état de vie active.

§ V. — Influence de la géologie sur la répartition des espèces.

Il s'agit ici de caractériser botaniquement les différentes formations dont nous avons vu précédemment la situation ou la répartition.

Les calcaires crayeux étant presque toujours recouverts, l'argile existant, en couche, discontinue, d'une épaisseur minime, il ne nous reste essentiellement en présence que les sables glauconieux, et le calcaire (calcaire grossier, plus calcaire à nummulites). Voici leurs principales caractéristiques végétales.

1° Sables glauconieux.

Veronica spicata L.
Dianthus deltoides L.
Coronilla varia L.
Trifolium medium L.
Carex arenaria L.
C. arenaria v. *Reichenbachii* Ed. Bonn.
Cynodon Dactylon L.
Jasione montana L.
Digitaria filiformis Kæl.

2° Pelouses et champs calcaires.

Lactuca perennis L.
» *Scariola* L.
Melampyrum arvense L.
Centaurea Scabiosa L.
Anemone Pulsatilla L.
Potentilla Fragariastrum Ehrh.
Gentiana Cruciata L.
Globularia vulgaris L.

3° Coteaux calcaires.

Teucrium Chamædrys L.
» *Botrys* L.
Helleborus fœtidus L.
Bupleurum falcatum L.
Stachys alpina L.
Seseli Libanotis Koch. } coteaux de
Crepis pulchra L. } Margny.
Verbascum nigrum L. (haute vallée de l'Aronde.

La présence du *Carex arenaria*, en forêt de Compiègne, au milieu des terres, est une anomalie difficile à expliquer. Voici ce que pense Graves sur ce point (ouvrage cité, p. 139).

« ... La plante n'existe pas, dans l'ouest du département, » bien qu'on trouve aussi dans les environs de Beauvais et de » Clermont des espaces couverts de sables. On ne la trouve pas » davantage dans les départements de l'Eure et de la Seine-Infé- » rieure et il faut aller jusqu'à Honfleur, sur les côtes de la Manche » ou sur celles de Picardie, pour rencontrer cette espèce dans sa » station normale. C'est là un cas de disjonction des mieux prononcés.

» La supposition que des mouvements de rehaussement ou d'abais-
» sement des terrains intermédiaires, autrefois continus, auraient
» opéré cette grande lacune dans l'aire de la plante, n'est pas appli-
» cable, car les falaises de la Manche sont crétacées, tandis que les
» stations de l'Oise appartiennent aux terrains tertiaires. En outre,
» le *Carex arenaria* repose dans la forêt de Compiègne sur les sables
» glauconieux inférieurs, et dans l'arrondissement de Senlis sur les
» sables de l'étage moyen. Il se trouve donc à des niveaux géologi-
» ques très distincts, puisqu'ils sont séparés, d'une part, par la puis-
» sante formation du calcaire grossier et, d'autre part, par l'énorme
» massif crayeux de Normandie. Peut-être ce *Carex*, dont les racines
» rampantes ont la faculté de donner quelque consistance aux ter-
» rains trop meubles, a-t-il été semé à une époque dont il ne reste
» aucun souvenir ? ».

En réalité, la plante n'est pas aussi maritime que le croit Graves. On la trouve, en effet, dans les environs de Soissons, à Villers-Cotterêts, aux landes de Gondreville, autour de la montagne de Laon, etc. En forêt, elle est très répandue : pelouses des Beaux-Monts ; çà et là, route du Moulin ; autour de Royallieu ; carrefour des Bordages ; route de Batigny ; route de Crépy, et, en général, dans toutes les allées sablonneuses. Le rhizome atteint couramment 3-5 mètres de long. Peut-être l'hypothèse de Graves est-elle juste ? Pourtant, les sables glauconieux, ne sont pas mouvants à un point tel qu'on ait cru devoir se préoccuper d'y remédier, « à une époque dont il ne resterait aucun souvenir ».

La variété *Reichenbachii* Ed. Bonn. accompagne presque constamment l'espèce type.

§ VI. — Polymorphisme.

Voici, à ce sujet, quelques observations me paraissant dignes d'être signalées.

1° G. *Ranunculus*. — Les Renoncules aquatiques qui, immergées au début, ne le sont plus à un moment donné par suite de l'assèchement du marais ou de la flaque d'eau présentent successivement :

1° Des racines vraies, charnues, assez longues, chevelues, qui qui ont toujours fixé la plante au fond.

2° Des racines adventives, assez rares, prenant naissance, çà et là, aux nœuds. Transparentes, filiformes, longues, elles correspondent à la phase de submersion.

3° Des racines adventives intermédiaires, très courtes, brunâtres, sortes de « racines crampons » parce qu'elles ont à peu près la forme de celles du Lierre et jouent un rôle assez analogue. Le marais s'asséchant, on les voit fixer la plante au sol, pour évoluer ensuite et se rapprocher insensiblement, comme aspect, des racines de première catégorie.

2° *Thalictrum flavum* L. — Une forme ambiguë, à folioles larges, à floraison très tardive (août-septembre) se trouve localisée près du poste forestier, au Vivier Corax; ce serait peut-être bien le *T. minus*, var. *umbrosum*.

3° *Corydallis solida* Sm. — Revêt à Compiègne des aspects très variés. Marcilly distinguait les variétés : 1°) *genuina digitata*; 2°) *adoxæfoliá*; 3°) *bifolia*. Il existe en outre de nombreux intermédiaires entre ces 3 types que j'ai pu examiner dans l'herbier du comte A. de Marsy. La forme *adoxæfolia* croît çà et là sur la route du Moulin, les autres se rencontrent sur les bords des allées sablonneuses non humides : route tournante du Parc, environs du Buissonnet, Royallieu, route de Soissons avant le pont de Berne.

4° *Stellaria uliginosa* Murr. — Dans un marécage qui borde à droite la route de Villers-Cotterets, près du point où elle franchit le rû des Planchettes à la hauteur de S^{t}-Nicolas de Courson croît une forme aberrante que j'avais prise tout d'abord pour *S. glauca* With. La plante, géante (0^{m}75-1^{m}50), a des entrenœuds très grands, une tige grêle, longuement rampante inférieurement, les pétales 1/2 fois plus longs que les sépales, le calice non renflé à la base, comme dans l'espèce, les nervures des feuilles peu saillantes, les pédicelles floraux filiformes, atteignant 8-9 cm. de long, tout à fait typiques. Renseignements pris au Museum, la plante serait à considérer comme intermédiaire entre *S. uliginosa* et *S. graminea* L.

5° *Medicago falcata* L. — La couleur des fleurs est très variable; du jaune au violet, bien qu'en général elle oscille de préférence autour du jaune-brun. Il y aurait à rechercher les conditions qui déterminent ces différentes colorations.

6° *Anthyllis Vulneraria* L. — Au nord-est du village de Montmartin, dans un vallon caillouteux qui débouche sur l'Aronde, végète une forme remarquable : 1° par l'extrême largeur de la foliole terminale; 2° par les fleurs d'un rouge orangé très intense.

7° *Hippuris vulgaris* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Callitriche aquatica* Huds., *Myriophyllum verticillatum* L. — Ont souvent des aspects variés, suivant la station en eau courante ou stagnante, l'immersion totale ou relative, la rapidité du courant.

8° *Sedum Cepæa.* — En août 1910, à 50-100 mètres avant le carrefour des Lorrains, se trouvaient plusieurs échantillons remarquables par la couleur vert glauque de la tige, des rameaux et même des pétales; les feuilles y étaient opposées ou alternes. Or, dans le type, la tige offre des taches rougeâtres au moins sur certaines parties, les pétales sont blancs ou d'un rose très tendre, les feuilles ordinairement verticillées par 4. L'aspect est donc assez différent.

9° *Hieracium.* — Relativement aux hybrides si confus de ce genre, il y a une série de notes manuscrites (Marcilly fils) sur échantillons à l'appui, dans l'herbier qui a été légué au Collège de Compiègne; elles se rapportent surtout à certaines formes des *H. lævigatum* Willd., *H. umbellatum* L., *H. boreale* Fr., *H. murorum* L., leur ampleur ne me permet pas de les reproduire ici, vu les limites de ce travail.

10° *Origanum vulgare*, var *virens* G. G. — C'est plutôt une simple forme qu'une variété; existe à Montmartin, à la station indiquée plus haut pour *Anthyllis Vulneraria.*

11° *Muscari.* — Dans les champs environnant le cimetière de Choisy-au-Bac se trouvent des *M. racemosum* L. qui, surtout par leurs feuilles très étroites, rappellent *M. botryoides* L.

12° *Paris quadrifolia* L. — Les variétés à 5, 6 feuilles sont aussi communes que le type.

13° *Orchis.* — Les hybrides sont fréquents entre les principales espèces. L'*O. incarnata* L. abonde dans la forêt marécageuse, ainsi qu'une forme d'*O. maculata* L. se distinguant du type par sa petitesse (0 m. 20 au maximum), sa tige grêle, ses feuilles linéaires, d'un vert glauque, très tachées; les fleurs sont blanches ou rosées, odorantes.

14° *Luzula*. — C'est un genre que j'ai étudié avec beaucoup de persévérance. Par les différentes formes récoltées soit à Compiègne, soit dans les environs de Paris, toute une série graduelle et insensible s'établit entre les variétés : *multiflora* Lej. ; *congesta* Lej. ; Lej ; *pallescens* Hoppe, ce qui avait été déjà signalé dans la flore de Cosson et Germain. A citer tout particulièrement pour la forêt de Compiègne des échantillons remarquables, se rapprochant du *L. multiflora*, et végétant sur le bord de petites mares, près du carrefour du Vivier-Payen.

15° *Carex*. — Tous les botanistes connaissent la différence d'aspect des nombreuses espèces, suivant l'état du développement. Il en est de même pour bon nombre de Graminées, ce qui est d'ailleurs un sérieux obstacle pour les débutants. Je citerai seulement l'*Oplismenus Crus-Galli* Kunth. Aux gravières de Margny-les-Compiègne, la plante présente des épillets avec arêtes courtes, non aristées ; au contraire, dans les cultures, l'espèce se rencontre souvent avec des arêtes longues, dures, généralement tordues ou ondulées, ce qui donne un faciès très différent du premier.

Inutile d'insister également sur les aspects si divers des Cryptogames vasculaires ; le maximum de différenciation extérieure semble fourni dans la région par *Blechnum Spicant* Roth ; *Acrostichum Thelipteris* L., sans oublier *Ophioglossum vulgatum* L. et *Botrychium Lunaria* Sw.

§ VII. — Plantes naturalisées,

introduites, ou dont la spontanéité paraît douteuse

Signalons d'abord deux excellents agents d'introduction : l'Oise et l'Aisne.

Un exemple tout à fait remarquable est fourni par le *Palimbia Chabræi* D. C. La plante n'existe sur les rives gauche et droite de l'Oise qu'en aval du confluent de l'Aisne ; végétant aussi sur les berges de cette dernière, bien en amont de l'embouchure, il est logique de conclure à l'introduction et à la propagation de l'espèce par voie fluviale (Aisne). La plante, très vraisemblablement non indigène, n'a d'ailleurs été signalée que là dans tout le département de l'Oise.

De même, le *Stachys germanica* L. se maintient assez abondam-

ment sur le chemin de halage, entre Choisy-au-Bac et le Francport; une telle station ne me semble pas parfaitement spontanée. Là encore la rivière n'est peut-être pas étrangère à cette localisation. Une remarque semblable pourrait s'appliquer au *Salvia Verbenaca* L., propre aux décombres, mais dont on trouve quelques pieds près du barrage de Venette.

Tout comme une rivière, un autre élément est capable d'introduire des espèces étrangères dans une région. Lors de la construction d'une voie ferrée ou même d'un ballastrage des terres de provenance souvent lointaine sont apportées artificiellement, des tranchées ouvertes, de la terre neuve mise à jour. On voit souvent alors se développer des plantes d'indigénat très douteux, qui disparaissent vite, d'ailleurs, pour la plupart. Ainsi, le *Centaurea solstitialis* L. s'est maintenu pendant quelques années près du passage à niveau du Terrier à Renard, au beau milieu de la forêt, dans une station qui n'était certainement pas normale. Le *Salvia verticillata* L. est apparu brusquement à la gare de Vieux-Moulin, en 1907, en compagnie de *Linaria striata* D.C. Tous deux y existaient encore en août dernier.

La florule des chemins de fer est d'ailleurs assez spéciale. Pour la région, le *Melilotus alba* Lam. est une excellente caractéristique, avec *Diplotaxis tenuifolia* DC., par exemple. D'autres, comme *Epilobium spicatum* Lam., *Lactuca Scariola* L., *Linaria supina* Desf., *Linaria minor* Desf., affectionnent beaucoup également les voies ferrées, bien qu'on les trouve aussi ailleurs.

Quant à la culture, on lui doit, par exemple : *Nigella arvensis* L., *Helminthia echioides* Gærtn; *Adonis æstivalis* L., *Adonis autumnalis* L., *Papaver hybridum* L., etc., s'échappent souvent aussi des jardins *Pisum odoratum* L., *Galega officinalis* L., *Solidago canadensis*, *Vinca major* L., *Antirrhinum majus* L., *Arum italicum* L., *Galanthus nivalis*, etc. Il faut réserver pour la bonne place *Sisymbrium pannonicum* Jacq., à peu près représenté uniquement en France dans la région de Mutzig, en Lorraine, et qui se trouve à Compiègne depuis 1906 sur les murs du cimetière de Clamart, complètement naturalisé. L'examen attentif des lieux ne révèle aucun indice capable de militer en faveur d'une introduction artificielle. C'est donc un fait remarquable qui ne paraît pas pouvoir s'expliquer.

Près du château de Pierrefonds, le *Saxifraga sponhemica* Gmel.

avait été observé vers 1885 par le Dr Camus, du Museum. Il n'y existe plus, les vieux murs où il poussait ayant été remplacés par des constructions neuves. Il en est de même pour l'*Epipactis microphylla* Swartz, qui a végété jadis sur le chemin des Brioleurs, près Vieux-Moulins.

A part les *Salvia verticillata*, *S. Verbenaca* et surtout *Sisymbrium pannonicum*, la région de Compiègne n'offre pas à proprement parler, d'espèces non indigènes intéressantes.

§ VIII. — Origine de la végétation
Ses rapports actuels et anciens.

Vu l'absence de documents rétrospectifs authentiques, c'est un chapitre où il faut faire preuve d'une grande réserve. Cependant, le point de vue historique d'une région définie, comme celle des environs de Compiègne, présente quelque intérêt; esquissons-en les principaux caractères.

La forêt de Compiègne, autrefois forêt de Cuise, occupait primitivement une étendue beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui : à l'époque franque, par exemple, on trouve çà et là dans de vieux récits (1) la preuve de cette extension considérable. Le massif boisé actuel se reliait sûrement alors avec la forêt de Villers-Cotterêts. A l'Est, ses limites devaient être également beaucoup plus reculées, puisque Cuise-la-Motte n'est plus aujourd'hui dans la forêt qui portait autrefois son nom.

Bientôt, le défrichement commença, principalement sur le pourtour et même à l'intérieur; ce fut l'œuvre des moines qui établirent en outre presque tous les étangs artificiels de la forêt. L'individualisation botanique s'accentua. Le rû de Berne était resté jusqu'alors un lien puissant entre le nord-est et le sud-ouest du pays. Au chapitre de l'hydrographie, on a pu voir la position excentrique, l'inclinaison particulière de sa vallée. Par lui, il est très vraisemblable d'admettre un intermédiaire ancien entre la forêt de Compiègne et celle de Villers-Cotterêts. Du reste, actuellement, on trouve sur ses bords des plantes tout à fait spéciales, comme *Dipsacus pilosus* L., *Anemone*

(1) Entr'autres l'*Histoire des rois Mérovingiens*. Les rois francs possédaient plusieurs résidences dans la forêt. Clotaire II mourut, dit-on, à Compiègne, d'un accident de chasse.

ranunculoides L., qu'on ne rencontrera pas ailleurs, bien qu'il existe au sud des ruisseaux qui lui sont comparables en plus d'un point.

Au nord, il n'y a jamais eu d'autre limite que l'Aisne entre la forêt de Laigue et celle de Compiègne. Aussi, dans les triages limitrophes, on est forcé de constater des éléments communs. Ainsi, *Ornithogalum pyrenaicum* L., *Hyoscyamus niger* L., *Orchis Morio Malva Alcea L.*, sont des espèces localisées uniquement dans la région du Francport. Par contre, si la forêt de Laigue a d'excellentes caractéristiques comme *Digitalis lutea*, *Cyperus fuscus*, *Andropogon Ischæmum*, *Phyteuma orbiculare*, leur présence y paraît liée à des formations géologiques différentes de celles des environs de Compiègne.

(A suivre).

SUR LES SEGMENTS FOLIAIRES DE L'AXE HYPOCOTYLÉ

par M. Jean FRIEDEL

On a cherché, depuis longtemps déjà, à percevoir dans le végétal une unité réelle au travers de la complexité apparente de ses trois membres : racine, tige et feuille.

Agardh (1), Gaudichaud (2), sont arrivés à une conception fort curieuse : pour eux, la plante est une sorte de colonie, chaque feuille constituant l'individu ; l'axe de la plante (tige et racine) étant formé par la somme des bases des feuilles. Gaudichaud, qui employait une terminologie assez spéciale mais parfaitement définie, a appelé « phyton » la feuille considérée comme plante distincte avec son prolongement descendant : les prolongements des feuilles en s'unissant donnent la tige et, en se continuant sous le sol, la racine.

Cette théorie ingénieuse a soulevé de nombreuses objections, notamment à cause de la chute des feuilles et de l'individualité que semble prendre la tige lorsque les feuilles sont tombées.

Les progrès de l'anatomie ont permis de reprendre la question à nouveau. En 1900, M. Gaston Bonnier a présenté deux notes à l'Académie ; la première, sur le passage de la tige à la racine (3) ; la seconde, sur la différenciation des tissus vasculaires de la feuille et de la tige (4).

(1) Agardh : Essai sur le développement intérieur des plantes, Lund 1829.

(2) Gaudichaud : Recherches sur l'organogénie des végétaux (Mémoire couronné par l'Académie des Sciences en 1835).

(3) *Compt. rend. Acad. Sc,*, Paris, CXXXI, p. 781, 12 novembre 1900.

(4) *Compt. rend., Acad. Sc.*, Paris, CXXXI, p. 1276, 31 décembre 1900. M. Flot a étudié à la même époque le développement et l'origine des segments foliaires (*Compt. rend.* CXXXI, 1900, p. 1319).

La conclusion essentielle de ces deux notes est qu'il y a continuité parfaite entre les trois membres de la plante. Au point de vue qui nous occupe ici, rappelons seulement que les coupes décrites dans la seconde note montrent très nettement que tout se passe comme si la tige était formée par la somme des bases des segments foliaires.

En général, les arguments très plausibles qui peuvent être donnés en faveur de la théorie des « phytons » reposent sur des observations faites sur la plante adulte et le développement de ses organes. Il est intéressant de chercher par l'étude de l'embryon et de la plantule germant si, au début de la vie du végétal, on peut voir la tigelle se constituer comme une somme de bases de feuilles, feuilles cotylédonnaires et quelquefois même véritables feuilles primordiales.

La question ne se présente pas exactement de la même manière si l'on considère la plante adulte ou la jeune plantule. Dans la pousse feuillée, l'épiderme, l'écorce, le cylindre central proviennent chacun de cellules initiales spéciales. Dans l'ensemble formé par la tigelle et les cotylédons, il n'y a pas de cellules initiales, les divers tissus se formant aux dépens d'un parenchyme primitivement composé de cellules semblables entre elles.

Si l'on voulait suivre l'histoire de la plante à ses débuts, il serait inexact de supposer que chez deux plantes d'espèces différentes, les graines mûres sont nécessairement comparables. L'embryon de *Pyrola*, formé d'un groupe de cellules encore indifférenciées ne peut certainement pas être comparé à un embryon de Haricot dans lequel on distingue nettement les trois membres essentiels du végétal : racine, tige et feuille : il y a une radicule, une tigelle, des cotylédons et des feuilles primordiales déjà très différenciées dans la graine. Une jeune plante de *Pyrola* assez avancée dans son développement est morphologiquement homologue à l'embryon de Haricot, encore enfermé dans la graine. Que la plantule soit déjà éclose ou qu'elle soit encore enveloppée par les téguments, les formations primaires ont exactement la même valeur. Ainsi donc, dans l'embryon, tous les tissus se forment par différenciation au sein d'une masse composée primitivement de cellules pareilles entre elles. Il semble donc difficile d'établir un rapport quelconque entre ce qui se passe dans l'embryon et ce qui se passe dans la plante adulte, puisque chez elle, tous les tissus proviennent d'initiales déterminées.

Pourtant, si l'on compare une plantule de Phanérogame à une jeune plante de Sélaginelle, on constate que la Sélaginelle provient d'initiales déterminées dès le cloisonnement de l'œuf. Il n'est donc pas impossible d'admettre, si l'on se lance dans le domaine des hypothèses, que les embryons de Phanérogames se soient formés à l'origine aux dépens d'initiales; ce serait alors par une abréviation de développement, par une condensation embryogénique, par un phénomène de tachygénèse que, dans l'embryon, tout se formerait au sein d'une masse primitivement indifférenciée. Ce qui se passe dans les formations de la plante adulte serait un rappel du mode de formation des lointains ancêtres des Phanérogames actuels. Si les formations de la plante adulte sont un rappel ontogénique des formations embryonnaires ancestrales, tous les arguments très nombreux, donnés par l'examen des plantes adultes en faveur de la théorie des « phytons » sont pleinement démonstratifs. Il y a pourtant un grand intérêt à chercher à voir si l'étude de la plantule corrobore les résultats si caractéristiques obtenus en observant la plante adulte. Aucun auteur n'a fait de travail d'ensemble pour voir si l'on pouvait considérer l'axe hypocotylé de la jeune plante comme une somme de segments foliaires, mais on peut trouver occasionnellement dans divers Mémoires des renseignements intéressants à ce point de vue.

D'après Mlle Goldsmith (1), les faisceaux conducteurs des cotylédons sont entièrement en continuité avec ceux de l'axe hypocotylé lorsque le pivot présente les types 2, 4, 8, la vascularisation du premier entre-nœud de la tige étant assurée par de petits rameaux vasculaires, se détachant des faisceaux primitifs au niveau de l'insertion des cotylédons. M. Gérard (2) a constaté que cette règle présente de nombreuses exceptions. Chez le *Tropæolum*, l'axe hypocotylé a quatre faisceaux libéro-ligneux formés par l'accolement de huit faisceaux réunis deux à deux dont quatre proviennent des cotylédons, quatre des feuilles primordiales. Par conséquent, dans la tigelle et même dans la racine, la moitié de chaque partie vasculaire est un prolongement de feuille primordiale. Il convient encore de

(1) Mlle Goldsmith : ***Beitrage zur Entwickelungsgeschichte Fibrovasalmassen in Stengel und in der Hauptwurzel*** (Zurich, Thèse 1876).

(2) Gérard : ***Sur le passsage de la racine à la tige*** (Ann. Sc. nat. 6e série, XI, p. 275, 1880).

remarquer, parmi les exemples cités par M. Gérard, que, chez le *Fumaria grandiflora*, il y a sept faisceaux dans l'axe hypocotylé : cinq se rattachent aux cotylédons; les deux autres, qui alimentent le premier entre-nœud, proviennent des feuilles primordiales.

M. Gérard signale des faits semblables dans les Monocotylédones; chez l'*Hemerocallis japonica*, les faisceaux de l'axe hypocotylé se divisent en deux, une partie des faisceaux restant en continuité avec ceux du cotylédon, le reste venant des régions supérieures de l'axe de la jeune plante.

Dans un Mémoire récent, M. Ezio Lugaresi (1) signale un fait très intéressant au point de vue qui nous occupe. Le Néflier du Japon (*Eriobotrya japonica*) lorsqu'il germe, présente un axe hypocotylé du type 4; les choses se passent très normalement. Les faisceaux se rattachent entièrement à ceux des cotylédons, c'est tout à fait le type classique indiqué par M^lle^ Goldsmith, mais il y a une particularité fort curieuse, les deux faisceaux libéro-ligneux de chaque cotylédon se forment à des niveaux différents. Si l'on admet la théorie des phytons, l'axe hypocotylé serait constitué par deux phytons d'inégale longueur ne s'enfonçant pas tous deux à la même profondeur. Ce fait est d'autant plus intéressant que, dans beaucoup d'échantillons de Néflier du Japon, les cotylédons sont inégaux; l'étude anatomique semble montrer qu'il y a une certaine inégalité interne même quand les deux cotylédons semblent identiques.

Je terminerai ces indications en signalant un récent travail de M^me^ Rosen-Hoa sur l'anatomie de jeunes plantules du genre *Plantago* (2). De nombreuses figures permettent de suivre les changements de structure et de retrouver, peut-être avec plus de précision encore, les faits importants signalés par M. Gérard.

Les observations de M^me^ Rosen-Hoa ont porté sur un assez grand nombre de *Plantago* (*P. lanceolata*, *P. lusitanica*, *P. Coronopus*, *P. maxima*, *P. Cynops*, etc.) Tous ces Plantains sont caractérisés par la présence d'une rosette de feuilles à la base de la plante, et par l'extrême réduction de la tige. L'axe hypocotylé présente

(1) Ezio Lugaresi : ***Recherches morphologiques, anatomiques et physiologiques, sur le Néflier du Japon*** (Thèse de l'Université de Paris, 28 juin 1910).

(2) Stéphanie Rosen-Hoa : ***Recherches sur la germination et la structure anatomique de quelques espèces de*** Plantago (Diplôme d'études supérieures, Paris 1910).

toujours des faisceaux libéro-ligneux en nombre égal aux feuilles qui sont déjà formées dans l'embryon.

Chez le *Plantago lanceolata*, si l'on fait une coupe vers le haut de l'axe hypocotylé, on observe un cylindre central légèrement aplati; on y distingue quatre faisceaux libéro-ligneux de dimensions et de formes différentes : deux d'entre eux, à peu près égaux, viennent des cotylédons, le troisième faisceau, le plus grand des quatre, est en continuité avec la première feuille primordiale. Quant au quatrième faisceau, il est fort petit, peu riche en bois; vers l'extrémité supérieure de l'axe hypocotylé il n'a même que des éléments libériens. Ce faisceau se raccorde avec la dernière feuille qui naîtra plus tard, opposée à la première.

La disposition est très nette : quatre faisceaux correspondant chacun à une feuille, l'axe hypocotylé de la plantule de *P. lanceolata* se présente bien comme la somme des prolongements basilaires des cotylédons et des deux premières feuilles proprement dites. Les autres Plantains étudiés présentent parfois une structure assez différente de celle du *Plantago lanceolata*; mais la disposition des faisceaux de l'axe hypocotylé est semblable: on voit toujours nettement un faisceau correspondant à chacune des feuilles qui existent dans l'embryon.

Tels sont les faits observés par divers auteurs; il est fort probabble qu'en multipliant les recherches on trouverait encore d'autres résultats semblables.

Sans considérer, peut-être, la théorie des phytons comme complète et définitive, il me semble qu'il existe en sa faveur un nombre suffisant d'arguments pour donner à cette théorie une place importante dans nos conceptions scientifiques.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Paul VUILLEMIN. — **Les Conidiosporés** (*Bull. Soc. Sciences, Nancy*, 2 juin 1910).

On sait que les Champignons connus seulement par leurs formes conidiennes, dans lesquels asques, basides ou formes de fructifications supérieures sont inconnus, ont été réunis sous le nom de *Fungi imperfecti*.

Le classement empirique de ces champignons a permis de les grouper en *Sphæropsidales* (comprenant les espèces dans lesquelles les spores sont contenues dans des conceptacles creux, (pycnides), en *Melanconiales* comprenant les espèces pourvues de réceptacles étalés couverts de filaments sporifères et en *Hyphales* ou Hyphomycètes comprenant les espèces pourvues d'un mycelium filamenteux avec des conidies portées sur des filaments isolés ou fasciculés.

Les deux premiers groupes ont des affinités marquées pour les Ascomycètes.

Les Hyphomycètes forment un groupe encore extrémement confus; pour la commodité, on y distingue en général les Mucédinées à filaments disséminés, hyalins, les Démátiées différant des Mucédinées par les conidies et les filaments bruns, fuligineux, les Stibellacées présentant des filaments conidifères groupés en petites colonnettes ou bouquets, les Tuberculariacées qui ont des sporophores groupées en coussinet. Cette classification est très artificielle et on connaît des exemples d'espèces qui, suivant le milieu ou le stade de développement, peuvent être rangées dans plusieurs de ces groupes. Les genres d'Hyphomycètes sont également très hétérogènes; ainsi, les *Botrytis* comprennent des formes conidiennes de Basidiomycètes (*Botrytis gemella*, forme conidienne de *Tomentella*) ou d'ascomycètes (par exemple, *Botrytis cinerea*, forme conidienne du *Sclerotinia Fuckeliana*).

M. VUILLEMIN essaie de jeter les bases d'une classification plus naturelle, plus rationnelle des Hyphomycètes.

En se basant sur l'étude des spores, M. VUILLEMIN propose de diviser les Hyphomycètes en trois classes :

1° Les *Thallosporés*, caractérisés par la présence de *thallospores*. « Les thallospores ont d'abord fait partie de l'appareil végétatif ou thalle; elles s'adaptent aux fonctions disséminatrices et conservatrices d'une façon secondaire et parfois incomplète. Elles comprennent les *blastospores*, les *arthrospores* et certaines chlamydospores. Les blastospores sont des globules arrondis, nés par bourgeonnement du som-

met ou du pourtour de filaments tantôt longs, tantôt réduits eux-mêmes à des globules. Leur séparation qui les rend aptes à multiplier et à disperser le Champignon à la façon des spores n'arrête pas nécessairement leur activité végétative. — Les arthrospores sont des fragments provenant de la désarticulation des filaments végétatifs. Coupés carrément à l'origine, ces tronçons peuvent s'arrondir et épaissir leurs parois. On peut voir une variété d'arthrospores dans les chlamydospores, terminales ou intercalaires, qui, sans s'isoler, se distinguent des éléments actifs par un phénomène d'enkystement et d'accumulation de réserve nutritive. Leur formation épuise le filament délicat auquel elles survivent ».

Les Thallosporés se subdivisent donc en : *Blastomycètes et Arthromycètes*.

2° Les *Hémisporés* caractérisés par ce que M. VUILLEMIN nomme les *Hémispores*. Les hémispores « s'opposent d'abord au thalle, mais moins complètement que les Conidies. Demeurées en place, elles poursuivent leur végétation et finissent par se morceler en spores fonctionnelles ou deutéroconidies. »

3° Les *Conidiosporés* caractérisés par la présence de véritables conidies, c'est-à-dire de spores bien distinctes de l'appareil végétatif dès leur première apparition.

Le mémoire de M. VUILLEMIN a pour but principal l'étude de la classe des *Conidiosporés*, qui est divisée en quatre ordres :

a) Les *Sporotrichés* dans lesquels les spores sont directement portées sur des filaments non différenciés de l'appareil végétatif.

b) Les *Sporophorés* dans lesquels il existe un sporophore, mais non différencié d'une manière particulière comme dans les deux ordres suivants.

c) Les *Phialidés* dans lesquels les spores sont portées chacune sur un élément différencié, isolé à sa base par une cloison et présentant plus ou moins la forme d'une bouteille, d'où le nom de *phialide* donné à cet élément.

d) Les *Prophialidés* qui possèdent également des phialides, mais portées sur un article de forme et de structure spéciales nommé *prophialide*.

M. VUILLEMIN décrit ensuite un type de chacun de ces ordres :

Rhinocladium Lesnei Vuillemin sp. nov., type de Sporotrichés. — A noter que dans les cultures, on retrouve des caractères qui ont fourni la caractéristique des familles les plus diverses de Mucédinées et Démathiées (apparence de *Botrytis*, d'*Œdocephalum* ou d'*Acrotheca*, de *Gonatobotrys*); les filaments peuvent même être réunis en faisceaux lâches (*Coremium*) ou serrés (*Graphium*), caractères de Stilbellacées.

Acremonium Potronii Vuillemin sp. nov., type de Sporophorés. — Le genre *Acremonium* doit être détaché des Botrytidés, car il a des sporophores simples et doit constituer une famille particulière.

Spicaria Aphodii Vuillemin sp. nov., type de Phialidés. — Le champignon est une Verticilliacée dans laquelle chaque phialide porte un chapelet de conidies. Le moindre choc suffit à dissocier ces conidies; beaucoup de *Verticillium* et d'*Acrocylindrium* doivent être des *Spicaria* insuffisamment étudiés. — Ce champignon étant une muscardine de coléoptère, M. VUILLEMIN consacre un petit chapitre aux champignons de diverses muscardines qui ont été rangés dans des familles éloignées des Verticilliacées. Ainsi, pour l'auteur, le *Botrytis Bassiana*, le *Botrytis densa* (*Isaria densa*), le *Botrytis tenella*, etc., sont des *Spicaria*. L'*Isaria farinosa*, forme conidienne du *Cordyceps militaris*, l'*Isaria arachnophila*, l'*I. tenuis*, le genre *Gibellula* sont également pour M. VUILLEMIN des Verticilliacées.

Urophiala mycophila Vuillemin, nov. gen., nov. sp., type de Prophialidés et constituant une famille particulière. — Le mycelium est formé de filaments fins, cloisonnés, ramifiés; le sporophore est dressé; la prophialide sombre, presque noire, à parois épaisses, est caractérisée également par sa forme très spéciale; la face dorsale en est converse, le sommet est fortement recourbé en sorte de bec, la face ventrale est très concave; cette phialide porte en avant trois facettes, une médiane et deux latérales, sur chacune desquelles vient s'articuler une phialide hyaline ou légèrement fuligineuse; les conidies sont isolées, simples, hyalines.

Les autres familles de Prophialidés sont les Coemansiacées et les Coronellacées.

L'important mémoire de M. VUILLEMIN n'est pourtant qu'une esquisse, et il est à souhaiter vivement qu'il puisse présenter aux botanistes une classification plus rationnelle du groupe si confus mais si intéressant des *Fungi imperfecti*.

René VIGUIER.

***

Francis RAMALEY. — European plants growing without cultivation in Colorado. (*Ann. Jardin bot. Buitenzorg.*, 3e supplément, 2e partie, p. 493, 1910).

L'auteur signale 95 espèces d'origine européenne dans le Colorado et appartenant aux familles suivantes : Graminées (21 espèces : *Lolium perenne, Bromus sterilis, Bromus tectorum, Bromus inermis, Bromus secalinus, Bromus brizæformis, Festuca elatior, Poa annua, Briza maxima, Dactylis glomerata, Eragrostis major, Avena fatua, Polypogon monspeliensis, Phalaris canariensis, Chætocloa (Setaria) italica, Ch. viridis, Ch. glauca, Echinochloa (Panicum) Crus galli, Syntherisma (Panicum) sanguinale, S. humifusum (Panicum lineare)*; Convallariacées *(Asparagus officinalis)*; Salicacées *(Populus alba)*; Cannabinacées *(Humulus lupulus)*; Polygonacées (8 espèces : *Rumex Acetosella, R. Patientia, R. crispus, R. obtusifolius, Polygonum*

aviculare, P. Persicaria, P. hydropiper, P. Convolvulus); Chenopodiacées (3 espèces : *Chenopodium album, C. botrys, Salsola Tragus)*; Amarantacées (2 espèces : *Amarantus retroflexus, A. hybridus)*; Caryophyllacées (5 espèces : *Alsine media, Silene nocliflora, S. vulgaris, Saponaria officinalis, S. Vaccaria)*; Fumariacées *(Fumaria officinalis)*; Crucifères (11 espèces : *Lepidium Draba, Thlaspi arvense, Capsella Bursa pastoris, Camelina sativa, Nasturtium officinale, Raphanus sativus, Sisymbrium officinale, Sinapis alba, Brassica juncea, B. arvensis, Alyssum calycinum, Coringia orientalis)*; Papilionacées (5 espèces : *Trifolium pratense, T. repens, Medicago sativa, Melilotus alba, M. officinalis)*; Géraniacées *(Erodium Cicutarium)*; Linacées *(Linum usitatissimum*); Euphorbiacées *(Euphorbia Cyparissias)*; Rhamnacées *(R. cathartica)*; Malvacées (3 espèces : *Malva rotundifolia, M. parviflora, Althœa rosea)*; Violacées *(Viola tricolor)*; Ombellifères (3 espèces : *Carum Carvi, Daucus Carota, Pastinaca sativa)*; Cuscutacées *(Cuscuta epithymum)*; Convolvulacées *(Convolvulus arvensis)*; Boraginacées *(Anchusa officinalis)*; Labiées (6 espèces : *Marrubium vulgare, Nepeta Cataria, Mentha spicata, Glechoma hederacea, Prunella vulgaris, Leonurus Cardiaca)*; Solanacées (2 espèces : *Solanum nigrum, Hyoscyamus niger)* ; Scrophulariacées (3 espèces : *Verbascum Thapsus, V. Blattaria, Linaria vulgaris)*; Plantaginacées (2 espèces : *Plantago major, P. lanceolata)*; Composées (10 espèces : *Anthemis Cotula, Chrysanthemum Leucanthemum, Tragopogon pratensis, T. porrifolius, Cichorium Intybus, Taraxacum officinale, Lactuca virosa, Sonchus arvensis, S. oleraceus, S. asper)* toutes originaires d'Europe, sauf le Pissenlit, la Capselle, le ***Polygonum aviculare*** et le ***Malva rotundifolia.***

*
* *

E. Dittschlag. — **Zur Kenntnis der Kernverhaltnise von Puccinia Falcariæ. —** *Centralblatt für Bakteriologie,* 28 Bd., nº 16/19, 15 novembre 1910.

L'auteur suit le développement de *Puccinia Falcariæ,* forme autoïque, parasite de *Falcaria Rivini.* Au printemps apparaissent de nombreuses spermogonies et peu de temps après se forment les æcidies. Celles-ci naissent aux dépens d'un peloton épais de filaments mycéliens qui se dirigent vers l'épiderme et dont les extrémités se transforment en cellules sexuelles. Il se forme un tissu en palissade, dans la profondeur de la feuille, qui constitue les cellules sexuelles. Celles-ci communiquent bientôt deux à deux par suite d'une perforation de leur cloison, à l'extrémité supérieure. Elles mélangent leur contenu et leurs deux noyaux s'accolent pour former le synkarion. L'auteur retrouve donc les processus sexuels décrits par Christmann dans *Phragmidium speciosum.* Il admet, avec Backmann, que cette fusion constitue peut-être le remplacement d'une fécondation ances-

trale qui se serait effectuée entre les cellules fertiles des æcidies (macrogamètes) et les spermaties (microgamètes). Les cellules stériles ne peuvent pas toujours être décelées; cependant elles existent et on les constate souvent au-dessus des deux cellules sexuelles. Après la fusion, la cellule mère des æcidiospores commence à se diviser et donne une æcidiospore et une cellule intercalaire destinée à dégénérer. Chacune de ces cellules renferme deux noyaux. Après l'ouverture de la coupe de l'æcidie, les æcidiospores germent sur la même plante ou sur une autre plante de la même espèce en un mycelium binucléé qui formera des téleutospores. La germination des téleutospores n'a pu être observée. L'auteur pense qu'elles germent au printemps après avoir hiverné dans les feuilles desséchées et que les sporidies résultant de leur germination vont infecter de nouvelles plantes.

A. GUILLIERMOND.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

M. GUIGNARD, membre de l'Académie des Sciences, a quitté la direction de l'Ecole de Pharmacie de Paris et a reçu le titre de Directeur honoraire.

***

M. GODFRIN, Professeur d'Histoire naturelle à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Nancy, est nommé Directeur de cette Ecole.

***

M. Ed. HECKEL, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, a été élu Correspondant de la Société nationale d'Agriculture de France.

***

M. MIÈGE a soutenu devant la Faculté des Sciences de Paris une thèse de « doctorat d'Université » intitulée : *Recherches sur les principales espèces de Fagopyrum*.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. PIETERS.

Lubimenko phot. *Berlin sc.*

LILLE. — LE BIGOT FRÈRES

Developpement de la Carotte à diverses intensités de lumière blanche et à la lumière colorée

Schéma I.

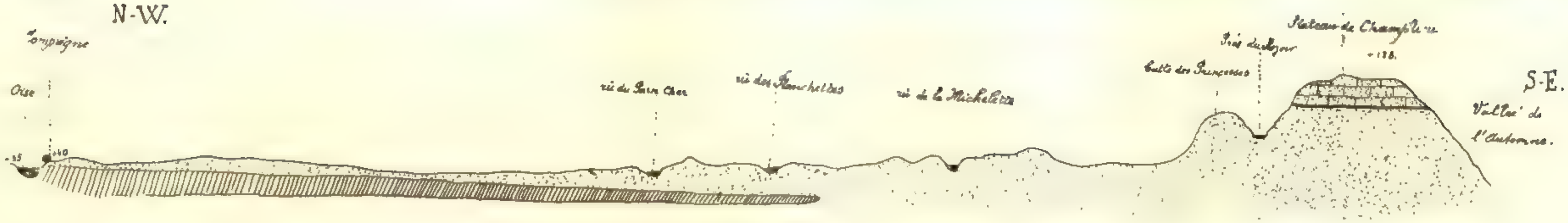


Schéma II.

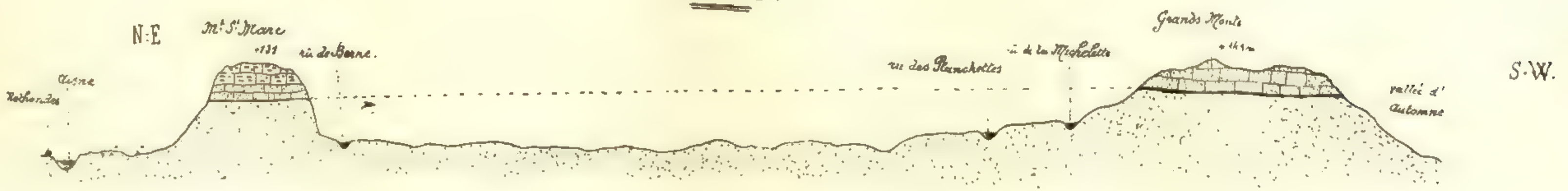


Schéma III

Echelle:

0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 Km

Les hauteurs sont exagérées 10 fois - Calcaire crayeux ; - Sables glauconieux (inférieurs et moyens) ; - calcaire nummulitique ; Calcaire grossier ;

L'emplacement de la couche d'argile est figuré par un gros trait noir.

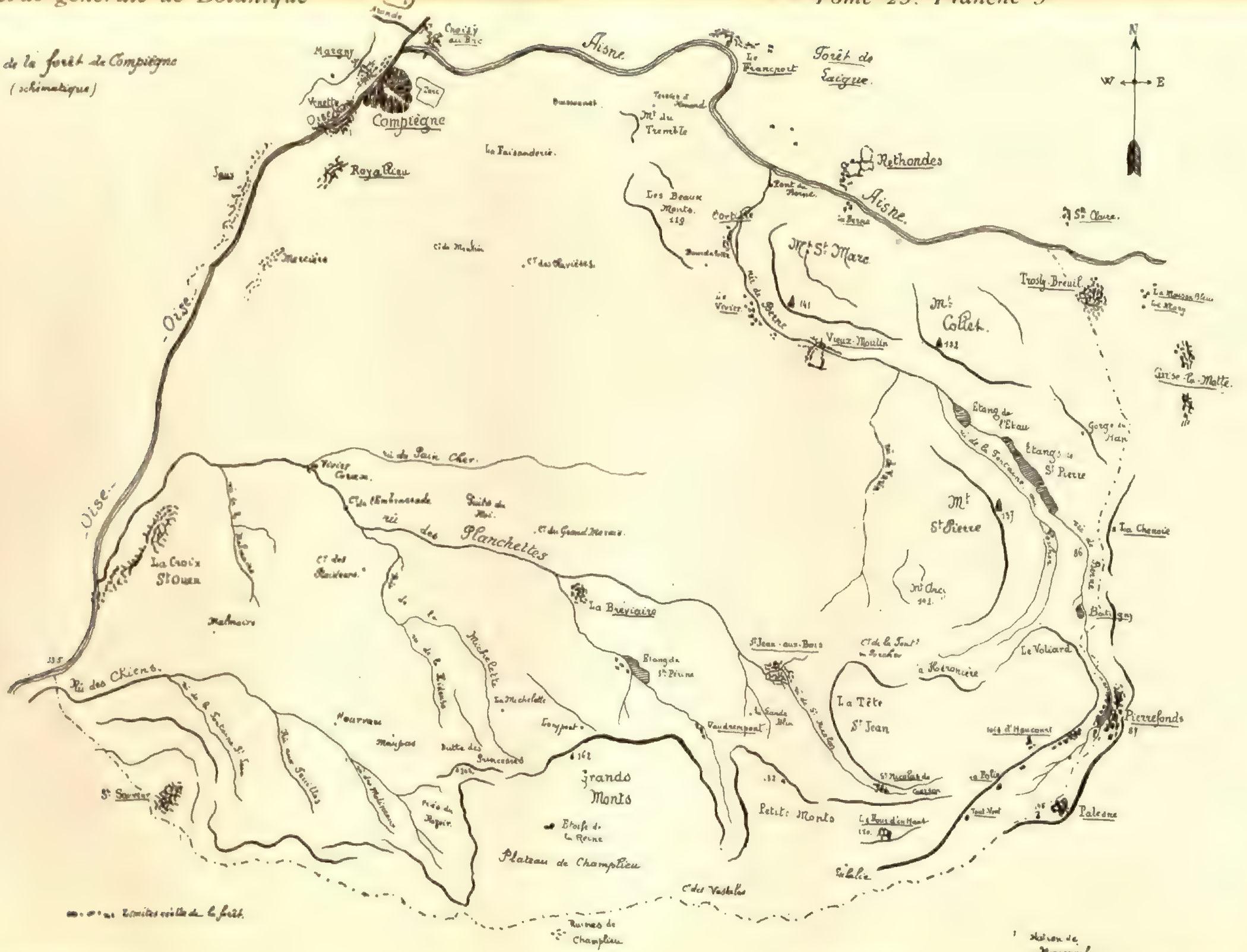
Debeaupuis del.

ILLE. - LE BIGOT FRÈRES

Bertin sc.

Géologie de la forêt de Compiègne

Carte de la forêt de Compiègne
(schématique)


Aisne
Oise
Compiègne
Royallieu
Margny
Choisy au Bac
Le Francport
Forêt de Laigue
Rethondes
Mt St Marc
Mt Collet
Mt St Pierre
Trosly Breuil
Ste Claire
Vieux-Moulin
Etang de l'Etau
Etang de St Pierre
Gorge du Nan
Carrefour la Motte
La Croix St Ouen
Les Beaux Monts
Les Grands Monts
Petits Monts
Plateau de Champlieu
Ruines de Champlieu
Carrefour des Planchettes
La Brevière
Carrefour de la Table
Carrefour de la Tête St Jean
Carrefour de la Croix d'Hauconrt
Pierrefonds
Palesne
La Chenaie
Le Voliard
La Tête St Jean
Vaudrampont
Etoile de la Reine
Rond des Pierres
Rond de la Ferme
Carrefour des Princesses
Carrefour de la Fontaine St Leu
Carrefour de la Michelette
Carrefour de la Fontaine
Carrefour de la Table
Carrefour de la Croix
Carrefour de la Rotonnière
Carrefour de la Poste
Carrefour de la Tour des Monts
Carrefour de la Table
Carrefour de la Table
Carrefour de la Table

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-TROISIÈME

Livraison du 15 Février 1911

N° 266

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

1, RUE DANTE, 1

—

1911

LIVRAISON DU 15 FÉVRIER 1911

I. — PREMIÈRES OBSERVATIONS SUR L'EMBRYON ET LA GERMINATION DES PALMIERS (avec figures dans le texte), par **M. C.-L. Gatin** 49

II. — ESQUISSE DE LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DE LA FORÊT DE COMPIÈGNE (avec planches), par **M. De-beaupuis** 67

III. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES 83

JAN KOPS, VAN EEDEN. — *Flora Batava.*

GRIFFON et MAUBLANC. — *Sur une maladie des perches du Châtaigner.*

TANRET G. — *Sur les sucres de l'Asperge.*

BERTRAND G. et COMPTON A. — *Recherches sur l'indivualité de la cellase et de l'émulsine.*

IV. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 88

Cette livraison renferme en outre trente-deux figures dans le texte.

Pour tout ce qui concerne les **Annonces**, **s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la** Librairie **générale** de l'**Enseignement**, **1, rue Dante, Paris (V^e^).**

PREMIÈRES OBSERVATIONS

SUR

L'EMBRYON ET LA GERMINATION DES BROMÉLIACÉES

Par M. C.-L. GATIN

L'étude de l'embryon des Broméliacées et de sa germination n'a fait, jusqu'ici, l'objet d'aucun travail d'ensemble. Tout au plus, trouve-t-on quelques renseignements dans le fascicule des Broméliacées publié par Wittmack (1) dans les « Natürlichen Pflanzenfamilien ».

Cet auteur a représenté des coupes de graines d'un certain nombre d'espèces et il a donné une figure d'un embryon de *Guzmannia tricolor* R. et P. que nous reproduisons ici et dont il compare la structure à celle de l'embryon des Graminées.

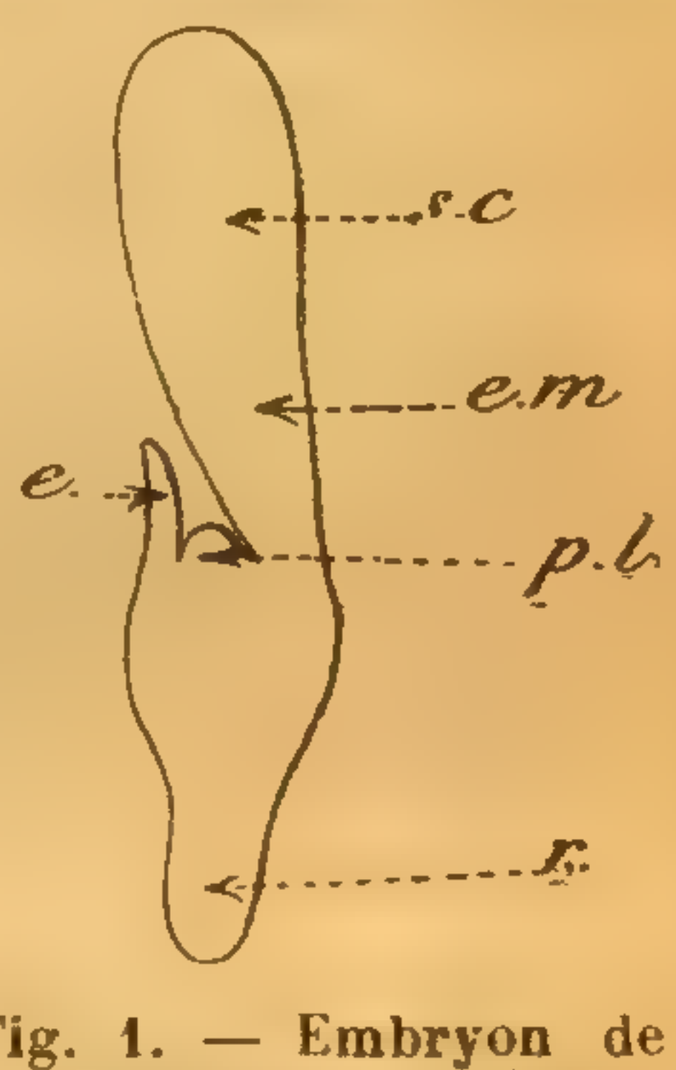


Fig. 1. — Embryon de *Guzmannia tricolor* R. et P.

em, embryon ; *sc*, scutellum ; *pl*, plumule ; *r*, radicule ; *e*, épiblaste, d'après Wittmack.

J'ai repris cette étude en m'adressant à plusieurs espèces fructifiant dans les serres du Muséum d'histoire naturelle de Paris. J'adresse mes meilleurs remerciements à M. Costantin, professeur de culture au Muséum, qui m'a accordé l'entrée des serres, à M. Poupion chef de la multiplication, et à M. Escaffre, jardinier, grâce aux bons soins duquel j'ai pu obtenir des plantules d'un certain nombre d'espèces.

(1) A. Engler et K. Prantl. — *Die naturlichen Pflanzenfamilien*, II, 4. p, 32-59, Leipzig, 1888.

N.Y. Bot. Garden
1912

Les plantes qui font l'objet de ce travail appartiennent aux principales tribus de la famille des Broméliacées.

Bromelieæ : *Karatas*, *Billbergia*, *Æchmea*.

Puyeæ : *Puya*.

Tillandsieæ : *Tillandsia*.

Karatas amazonica

Cette espèce fleurit constamment dans les serres du Jardin des Plantes, où elle donne des graines qui germent avec la plus grande facilité.

Embryon. — Les graines sont diaphanes, allongées à leur extrémité micropylaire et, au contraire, un peu renflées à l'extrémité opposée, qui se termine en pointe et est colorée en brun un peu plus foncé que le reste de la surface de la graine. Par transparence, on aperçoit un très petit embryon (*e*, fig. 2).

Cet embryon, large vers sa partie cotylédonaire et plus mince vers sa partie radiculaire, est formé de cellules polygonales, à contenu granuleux. Au milieu se trouve un faisceau libéro-ligneux à trajet un peu flexueux et qui, vers sa partie supérieure, va se perdre dans la masse du cotylédon, alors que, dans sa partie inférieure, il devient le cylindre central de la radicule.

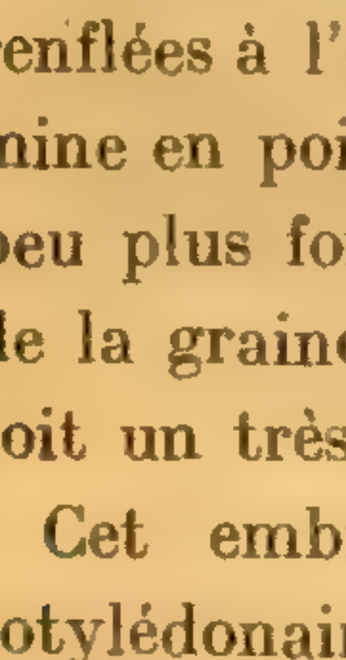


Fig. 2.— Graine de *Karatas amazonica*.

e, Embryon vu par transparence.

Latéralement se trouve placée la gemmule, qui est logée dans une cavité reliée avec l'extérieur par une fente.

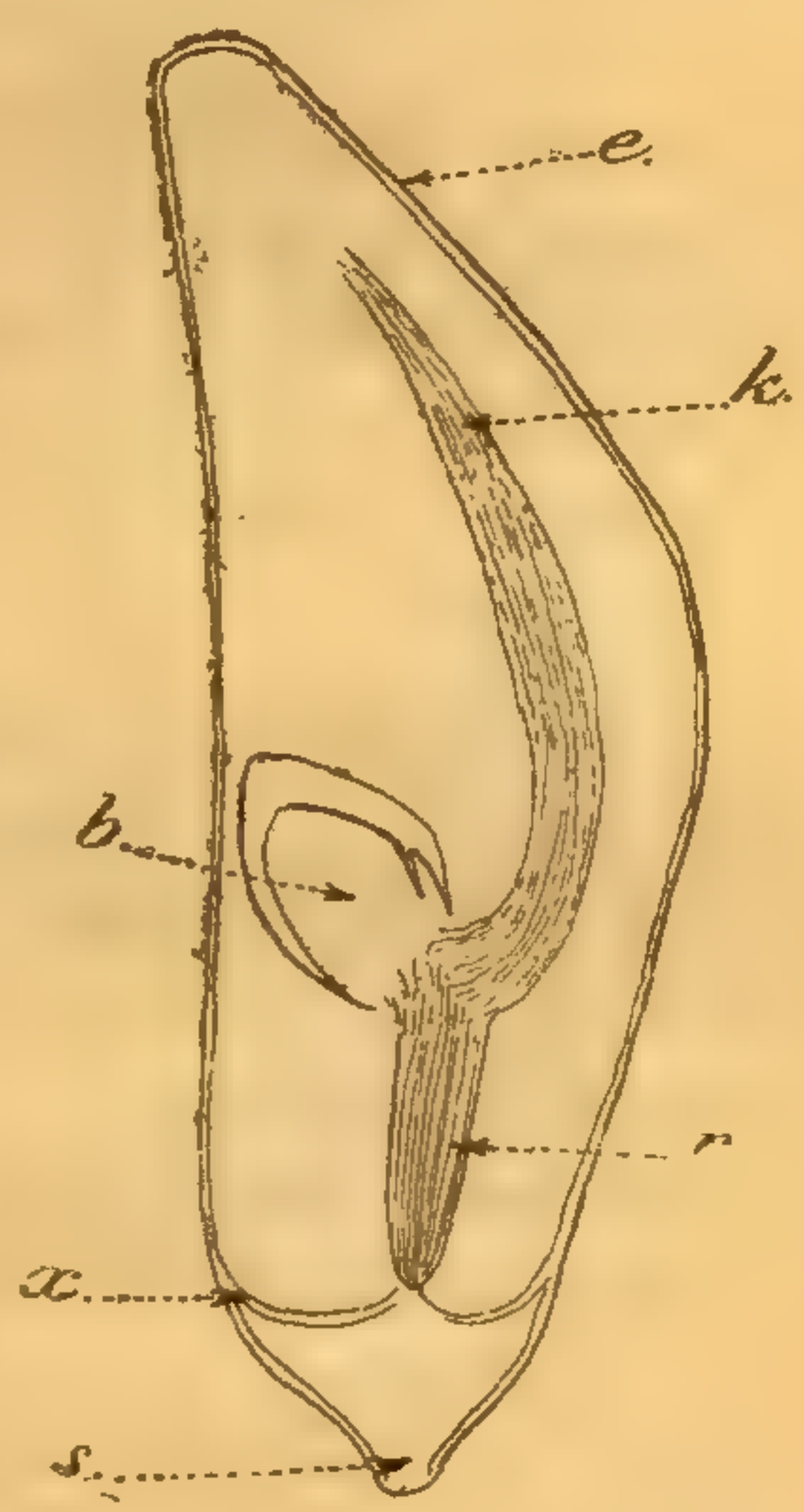


Fig. 3. — Embryon de *Karatas amazonica* coupé en long (Schéma).

e, épiderme ; *c*, cotylédon ; *k*, faisceau libéro-ligneux du cotylédon ; *b*, gemmule ; *r*, cylindre central de la radicule ; *s*, suspenseur ; *x*, assise pilifère de la radicule.

De la radicule, le cylindre central seul est bien marqué. L'écorce

n'en est pas encore différenciée, mais par contre on peut apersur certains embryons, l'assise pilifère qui est déjà formée et se trouve en continuité avec l'épiderme général de l'embryon. La gemmule se compose d'un bourgeon et d'une première feuille placés

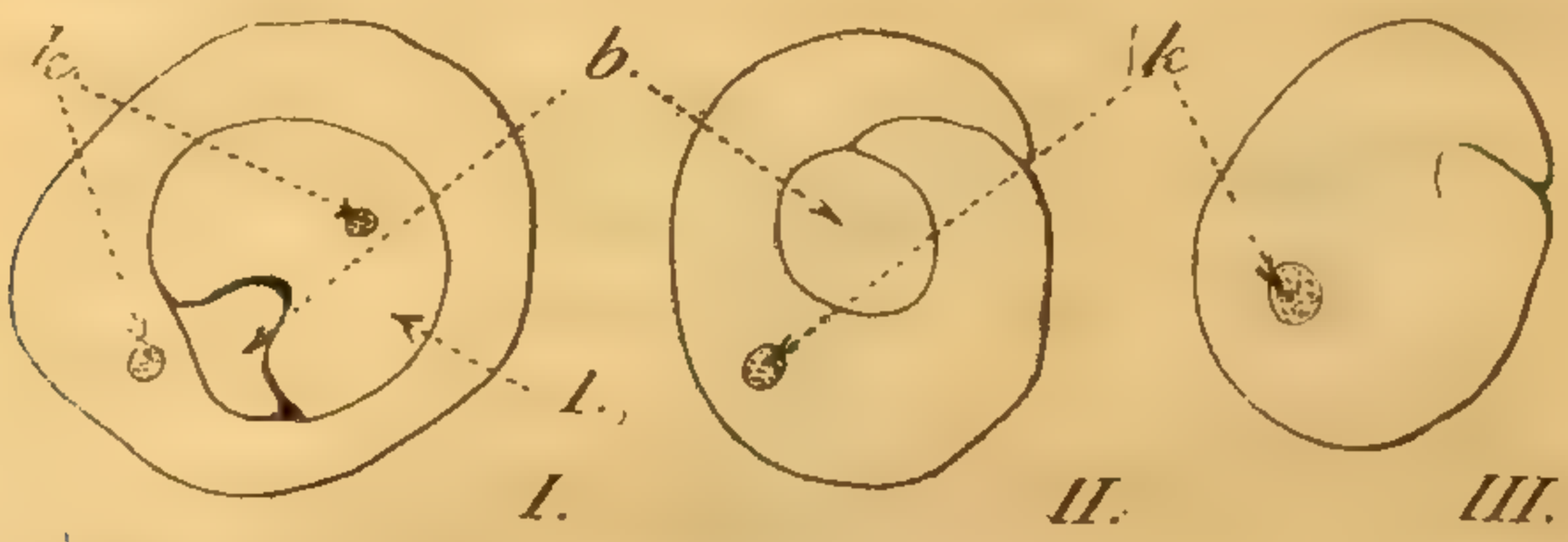


Fig. 4. — Embryon de *Karatas amazonica*. I, II, III, coupes transversales (schématiques) faites en s'éloignant de l'extrémité radiculaire.
l, première feuille ; *k*, faisceau libéro-ligneux ; *b*, plumule.

dans une cavité qui communique avec l'extérieur par une fente dont les bords se recouvrent (fig. 4).

Tout cet ensemble est, ainsi que nous l'avons dit plus haut, recouvert par un épiderme continu qui est visible jusqu'à l'endroit du suspenseur. Ce dernier est encore entier (fig. 5) et bien visible sur toute une coupe pratiquée dans l'extrémité radiculaire d'une graine.

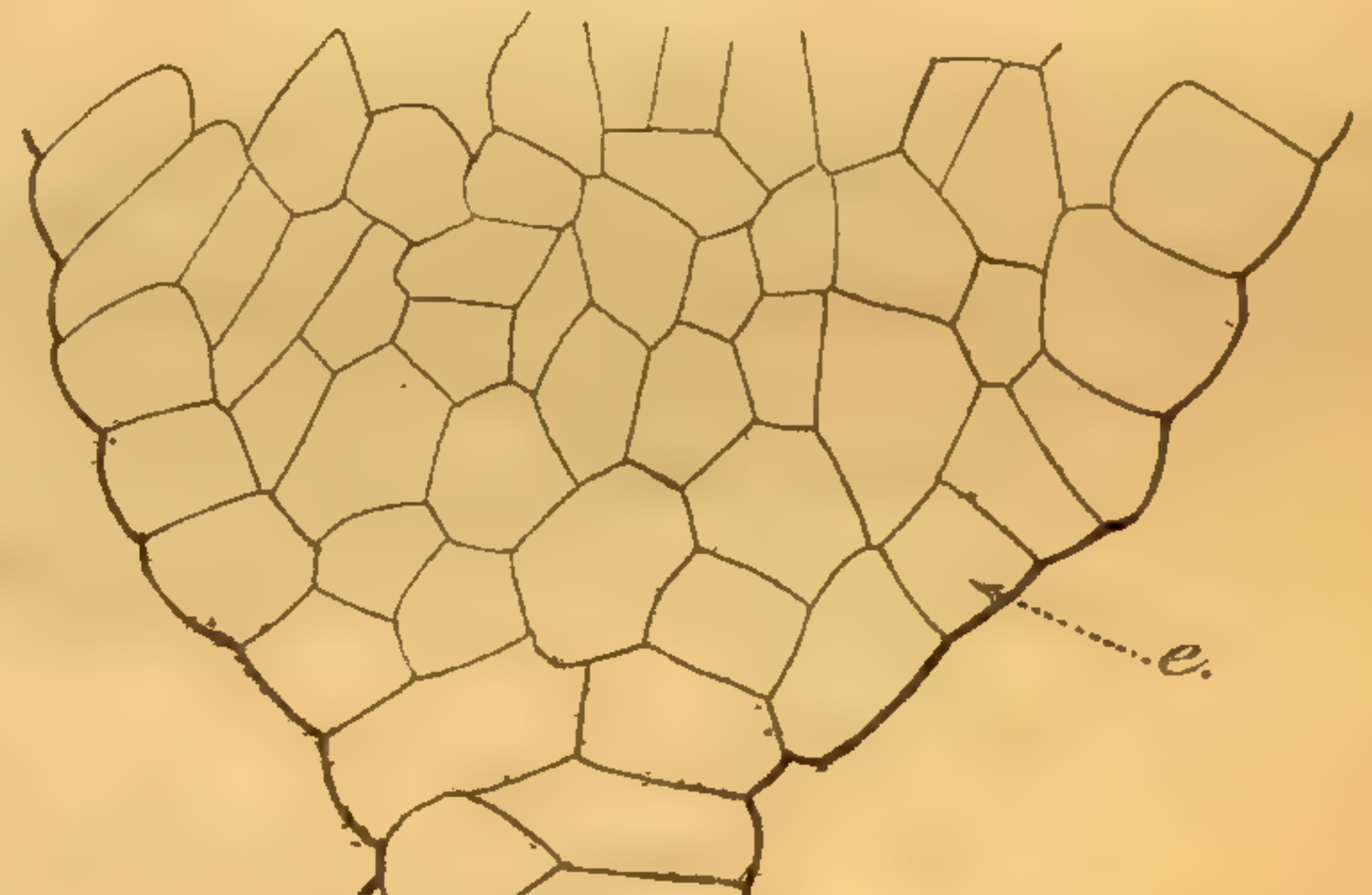


Fig. 5. — Coupe longitudinale de l'extrémité radiculaire de l'embryon du *Karatas amazonica*.
e, épiderme ; *s*, suspenseur.

GERMINATION. — Le début de la germination est marqué par un allongement de la partie moyenne de l'embryon, ce qui a pour effet d'éloigner de la graine le collet de la jeune plante. Celui-ci se hérisse de nombreux poils absorbants, pendant que la radicule continue à se développer. La gemmule croît de son côté (fig. 6) et, à un état plus avancé (fig. 7), la

première feuille s'est échappée par la fente cotylédonaire, pendant que la radicule, qui s'est beaucoup allongée, joue le rôle de pivot. A ce moment les bords de la fente cotylédonaire forment une sorte de ligule qui entoure le bourgeon.

Fig. 6. — Etats successifs de la germination du *Karatas amazonica*.

g, graine ; *R*, radicule ; *g.c*, gaine cotylédonaire.

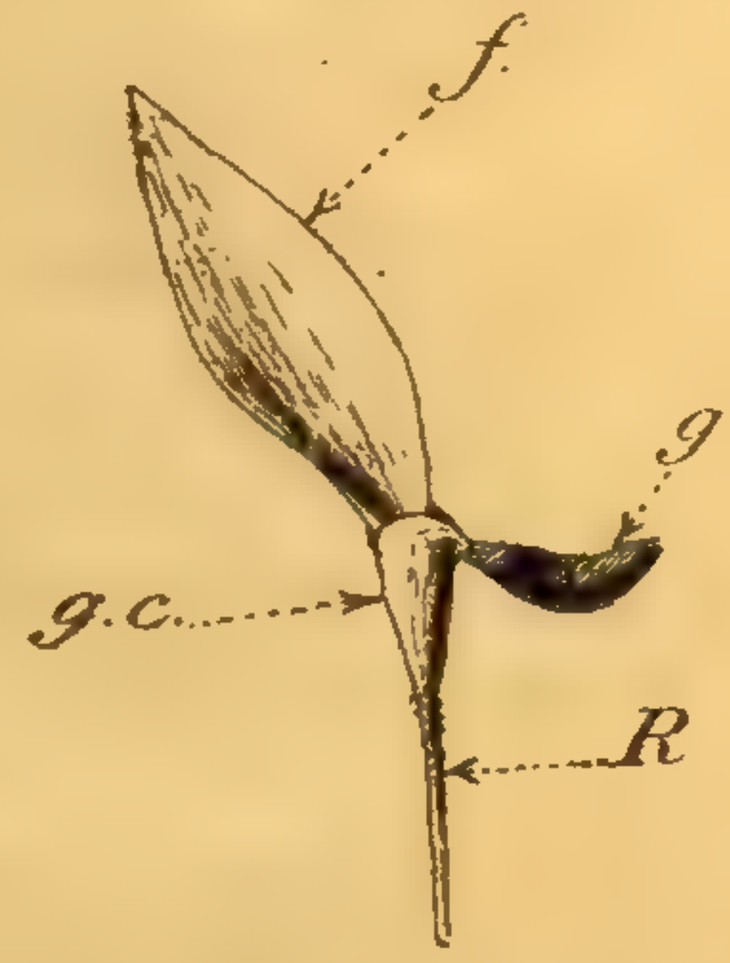


Fig. 7. — Plantule de *Karatas amazonica*.

g, graine ; *g c*, gaine cotylédonaire ; *R*, radicule ; *f*, première feuille.

ANATOMIE DE LA PLANTULE. — L'allongement des cellules qui constituent l'embryon et particulièrement de celles qui forment sa partie moyenne, est le trait caractéristique du début de la germination. En même temps, tous ces éléments deviennent moins granuleux. La partie opposée à l'extrémité radiculaire grossit peu, et devient le cotylédon, qui reste dans la graine et digère à distance l'albumen amylacé.

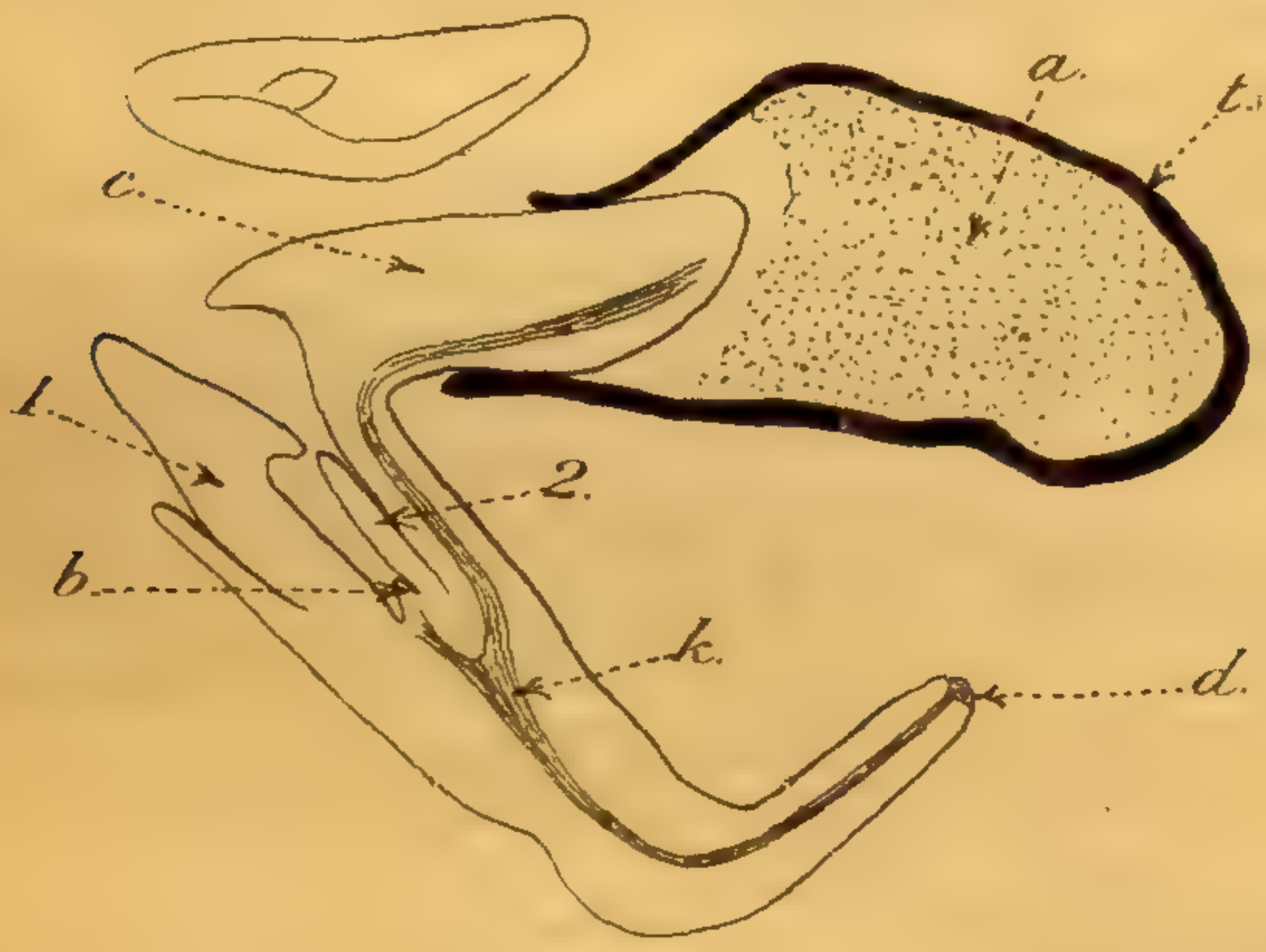


Fig. 8. — Coupe longitudinale (schématique) d'une graine germant de *Karatas amazonica*.

t, téguments de la graine ; *a*, albumen amylacé ; *c*, cotylédon ; *b*, bourgeon gemmulaire : *1*, *2*, premières feuilles ; *k*, faisceau libéro-ligneux ; *d*, coiffe de la radicule.

On a représenté, en haut et à gauche, la coupe schématique d'un embryon dessinée à la même échelle.

La partie moyenne s'allonge beaucoup, de même que les bords de la fente cotylédonaire qui forment, ainsi que nous l'avons dit, une sorte de ligule.

La gemmule s'échappe par cette fente en grossissant énormément.

Enfin, la radicule s'allonge en achevant de se former. Toute l'épaisseur du corps embryonnaire, qui se trouve autour de son cylindre central, sert à lui constituer une écorce.

Billbergia violacea

Embryon. — L'embryon se présente sous la forme d'un petit corps globuleux terminés vers celle de ses extrémités, qui est opposée à la radicule, par une partie allongée et filiforme de dimensions variables. Ces embryons remplissent complètement la partie radiculaire de la graine qui, vers l'autre extrémité, est occupée par un albumen amylacé.

Une coupe longitudinale, dans cet embryon, nous montre que sa partie filiforme ou allongée est constituée par le cotylédon, alors que la partie basilaire contient la gemmule et la radicule.

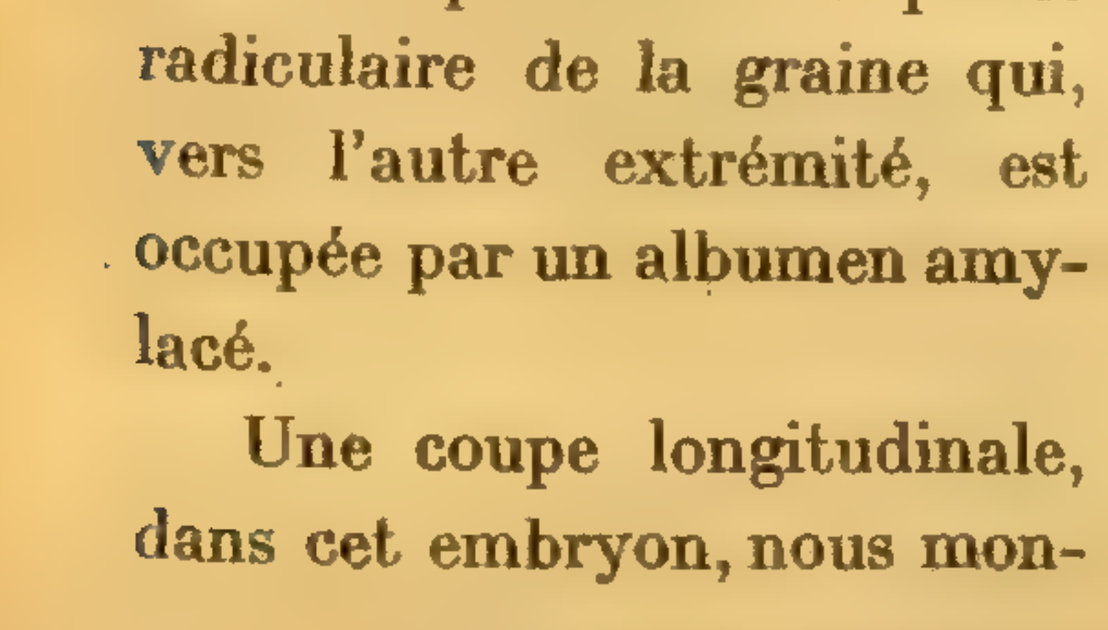


Fig. 9. — Vue extérieure et coupe longitudiuale d'une graine de *Billbergia violacea*.
t, tégument de la graine ; *a*, albumen ; *e*, embryon.

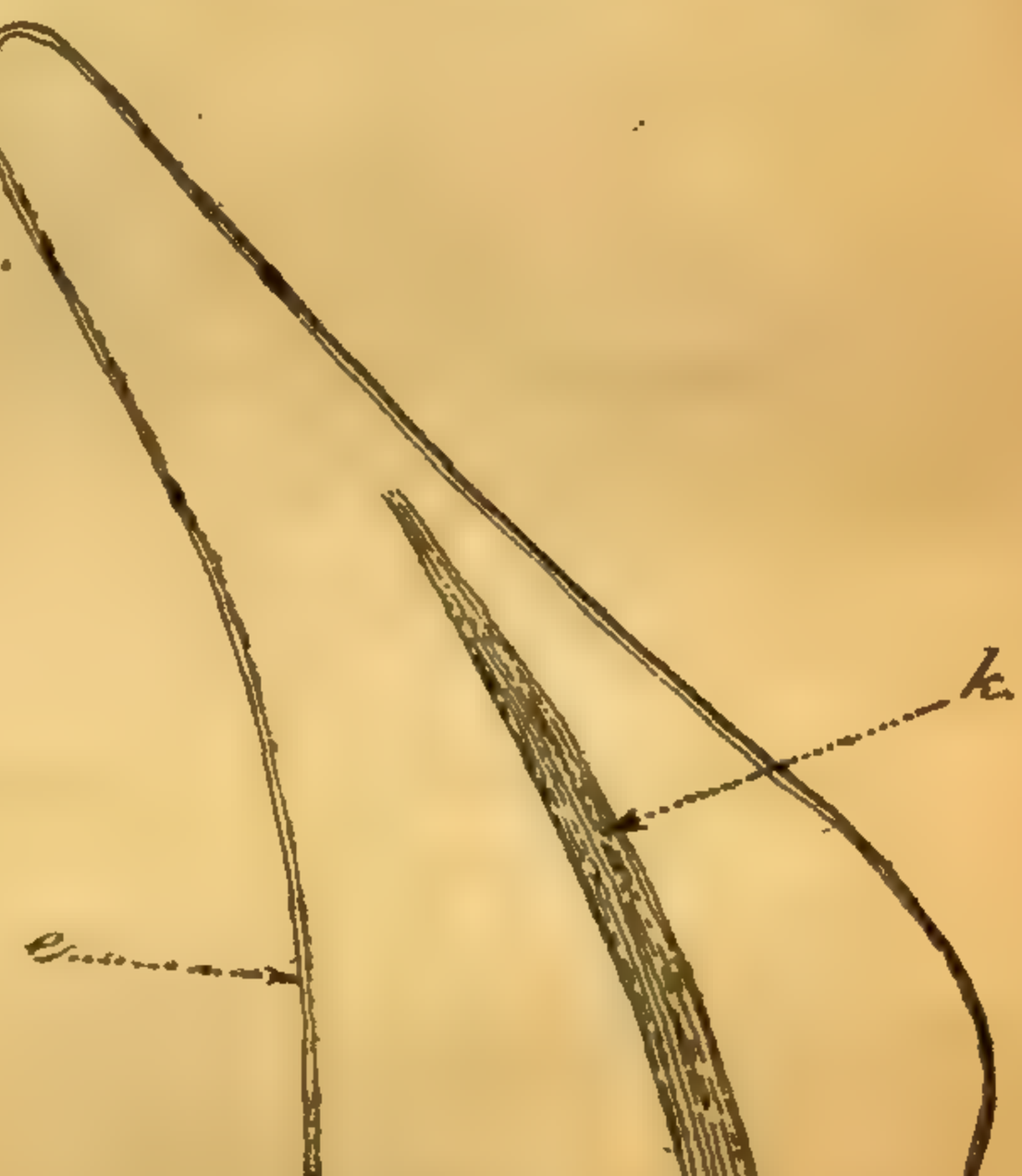


Fig. 10. — Coupe longitudinale (schématique), de l'embryon du *Billbergia violacea*.
k, faisceau libéro-ligneux ; *b*, gemmule ; *e*, épiderme ; *r*, cylindre central de la radicule ; *o*, raphides d'oxalate de calcium ; *x*, assise pilifère.

Le cotylédon est formé par des cellules polyédriques, isodiamétriques, ou légèrement allongées dans le sens de la longueur de l'organe; ces cellules laissent entre elles des méats.

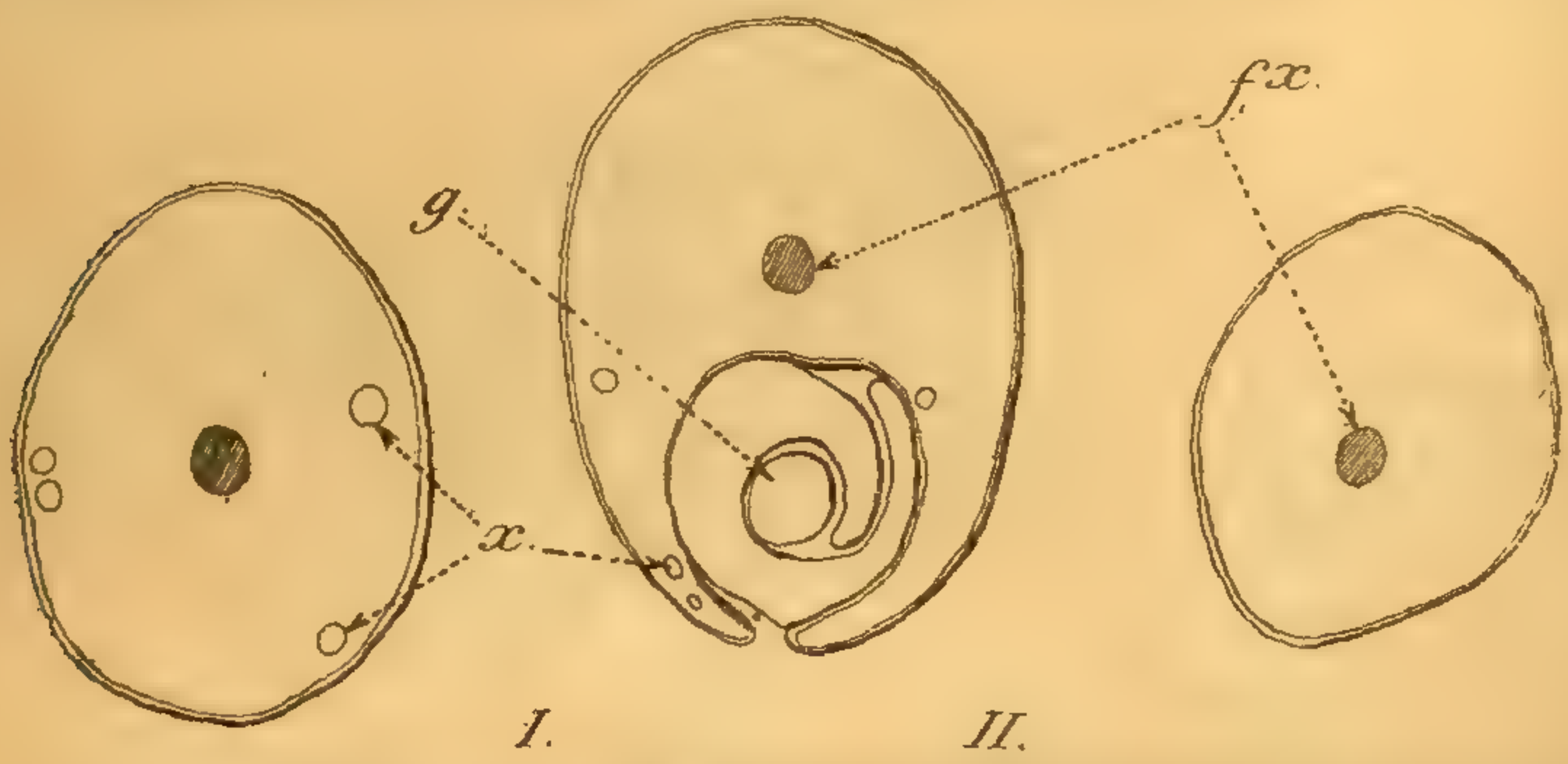


Fig. 11. — Coupes transversales (schématiques), de l'embryon du *Billbergia violacea*.
I, vers l'extrémité radiculaire; II, à hauteur de la gemmule; III, dans le cotylédon. *fx*, faisceau libéro-ligneux ; *g*, gemmule ; *x*, raphides d'oxalate de calcium.

Ce tissu se prolonge de chaque côté de la gemmule et de la radicule, dont le cylindre central est déjà indiqué.

La gemmule n'est cependant pas complètement isolée de l'extérieur, car le tissu qui l'environne est pourvu d'une fente dont les bords sont juxtaposés, mais se joignent incomplètement vers la partie supérieure où ils laissent passer la gemmule.

Fig. 12. — Fragment d'une coupe longitudinale pratiquée à la base d'un embryon de *Billbergia violacea*.
***e*, épiderme ; *x*, raphide d'oxalate de calcium.**
(Dans ce seul dessin microscopique des cellules ont été figurées avec leur contenu).

Enfin, de chaque côté de la radicule, ou plutôt de son cylindre central, se trouvent de nombreuses cellules beaucoup plus grandes que les autres et vides de protoplasma, qui contiennent des raphides d'oxalate de calcium. Celles-ci sont toujours localisées à la base de l'embryon.

De la radicule on distingue nettement le cylindre central, formé par des cellules de procambium allongées dans le sens de la longueur

et l'assise pilifère qui vient se raccorder avec l'épiderme général qui

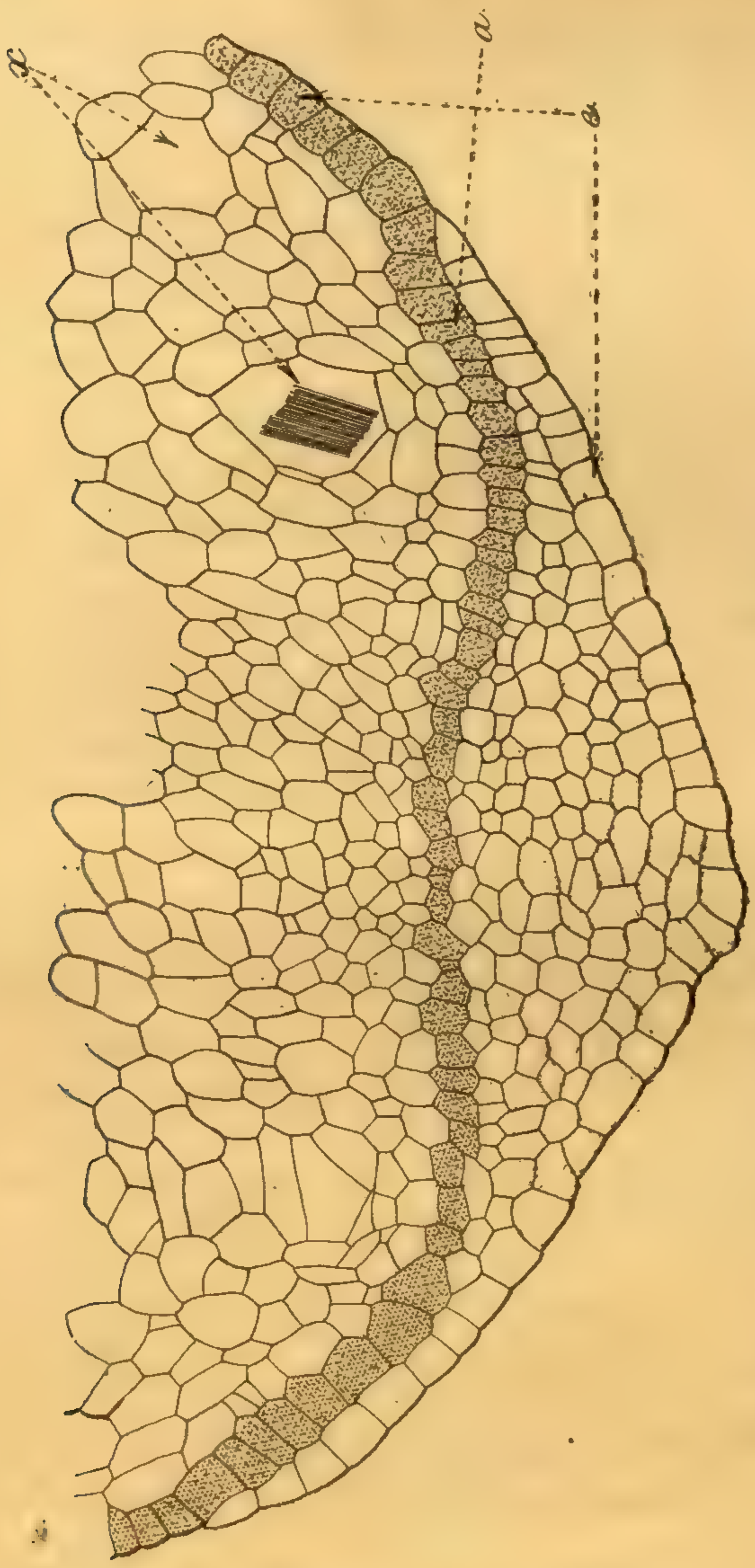


Fig. 13. — Coupe longitudinale dans l'extrémité radiculaire d'un embryon de *Billbergia violacea*.
c, cellules à raphides ; *a*, assise pilifère de la radicule en rapport avec l'épiderme de l'embryon ; *e*, épiderme de l'embryon.

entoure l'embryon. Cet épiderme est très régulier, il tapisse l'intérieur de la fente cotylédonaire et il ne perd un peu de sa régularité

(et encore bien peu) vis-à-vis de la pointe de la radicule. Peut-être faut-il voir là la trace du suspenseur.

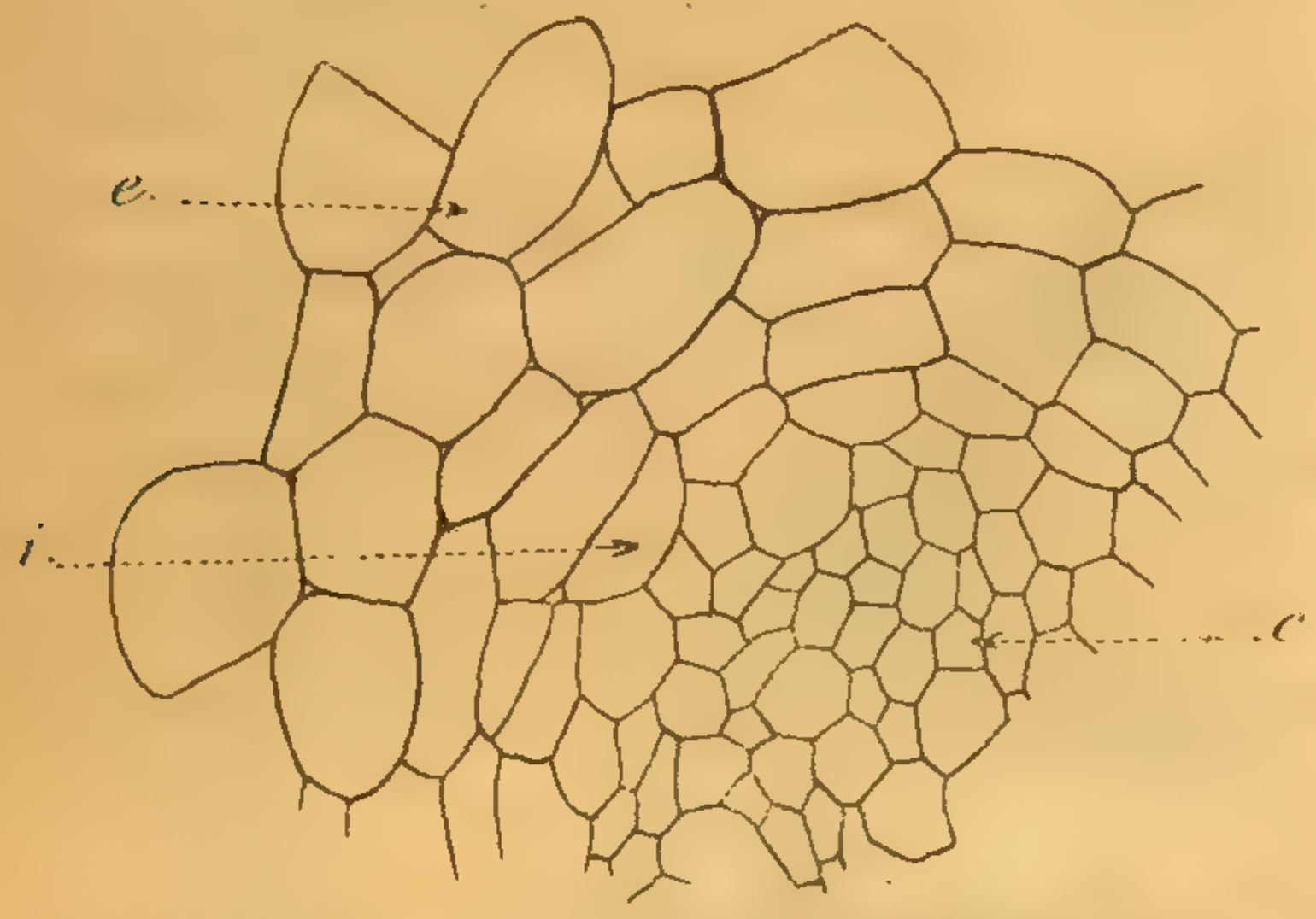


Fig. 14. — Coupe transversale dans l'extrémité radiculaire d'un embryon de *Billbergia violacea*.

***c*, cylindre central de la radicule ; *i*, zone corticale interne ; *e*, tissu général de l'embryon.**

Portons maintenant notre attention sur le système vasculaire de l'embryon. Celui-ci est parcouru, dans toute sa longueur, par un faisceau. Ce faisceau possède son état de différenciation maximum dans sa partie moyenne. Il se présente là sous forme d'un cordon de procambium dans lequel on

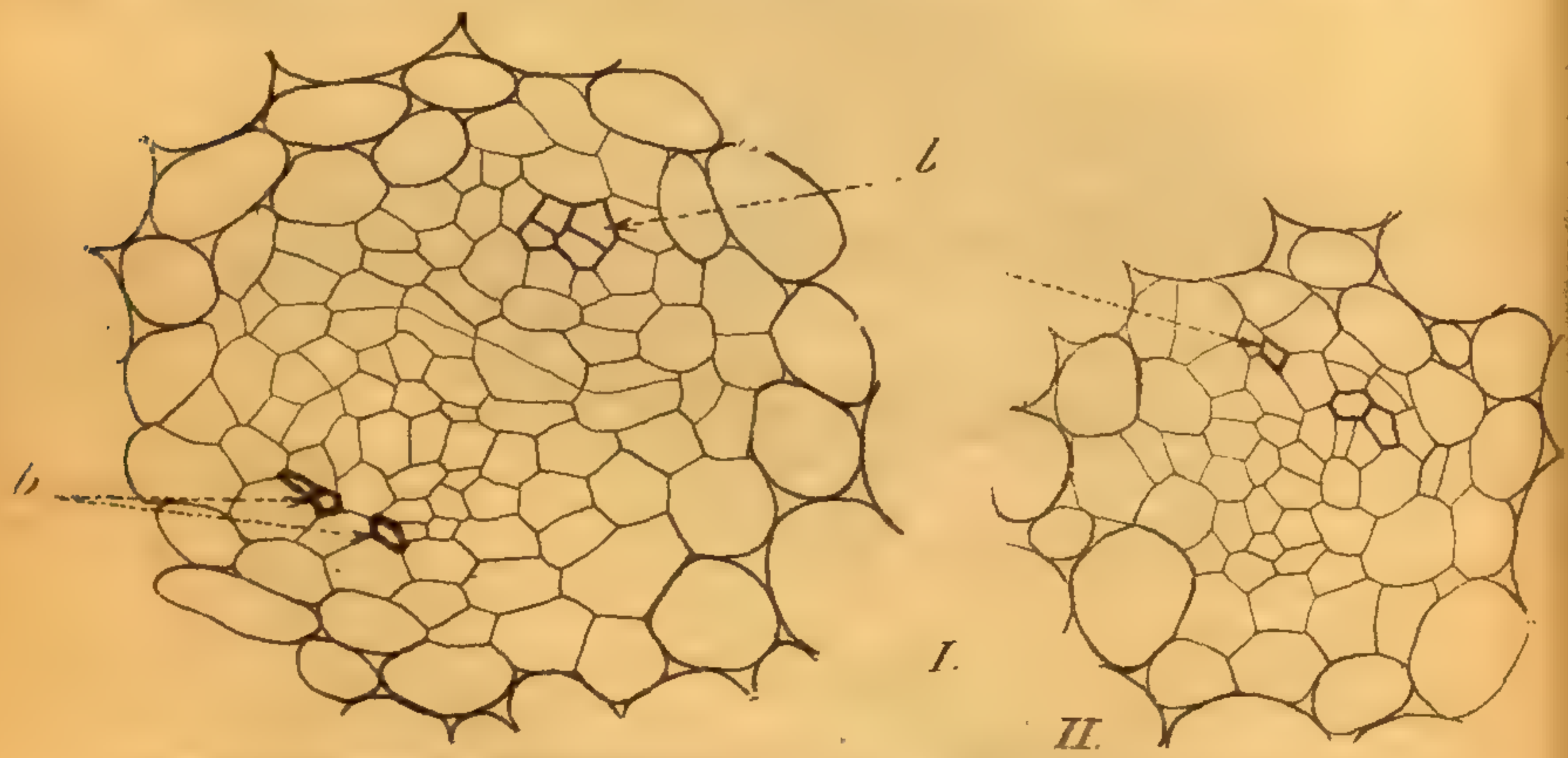


Fig. 15. — Coupes transversales dans le faisceau libéro-ligneux du cotylédon de *Billbergia violacea*.

I, dans la partie moyenne de l'embryon, au-dessus de la gemmule ; II, un peu plus haut.

***b*, élément ligneux ; *l*, éléments libériens.**

aperçoit quelques éléments ligneux et libériens, opposés les uns aux autres, entre lesquels on aperçoit des cloisonnements

secondaires. Il n'y a pas trace, dans cette partie du faisceau, de la disparition d'éléments qui auraient pu se trouver dans une position alterne. Les éléments du bois sont des vaisseaux spiralés.

Au-dessus de la gemmule, le faisceau va jusqu'à l'extrémité du cotylédon en simplifiant sa structure.

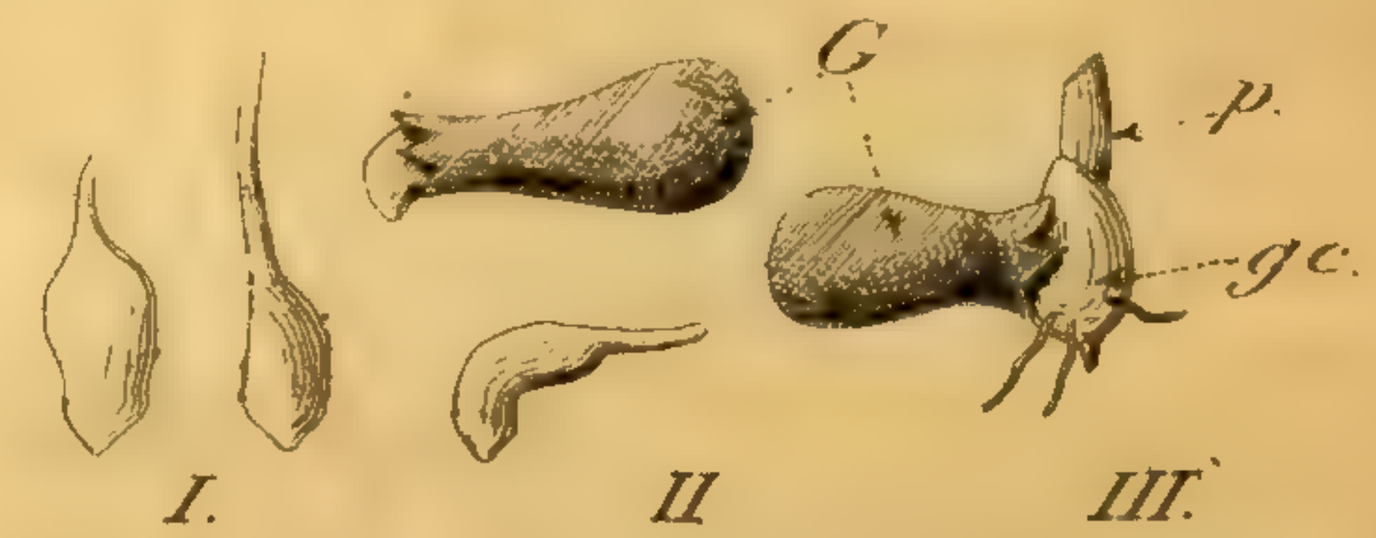


Fig. 16. — Embryon e germination du *Billbergia violacea*.

I, diverses formes de l'embryon ; II, début de la germination en bas, l'embryon extrait de la graine *G* ; III, germination plus avancée.
p, plumule ; *g.c.* gaine cotylédonaire.

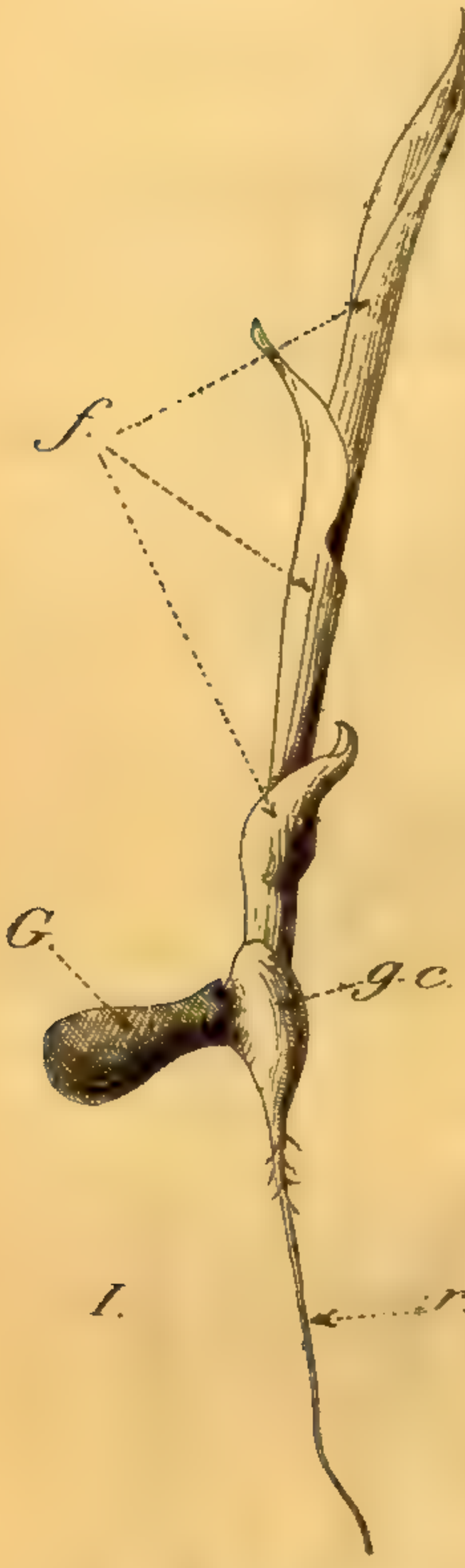


Fig. 17. — Plantule de *Billbergia violacea*.

I, Plantule plus âgée que celles de la figure 16 ; II, Coupe pratiquée dans la graine de la même.
G, graine ; *f*, trois feuilles successives ; *g.c*, gaine cotylédonaire ; *r*, radicule ; *p*, plumule ; *c*, cotylédon ; *a*, albumen.

En effet, dans ces parties de l'embryon on ne trouve plus de vaisseaux spiralés, mais seulement quelques tubes criblés.

Au niveau de la gemmule, ce cordon vasculaire émet un rameau qui se rend dans celle-ci et qui comprend des tubes criblés et des vaisseaux spiralés.

Au-dessous de ce rameau, on ne trouve plus qu'un cordon de procambium, puis, en continuant vers le bas, le même cordon de procambium (cylindre central de la radicule embryonnaire) entouré de cellules disposées en séries dans le sens radial, (écorce interne de la radicule embryonnaire).

Germination. — La germination est admotive, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte en examinant les fig. 16 et 17, qui en représentent les différentes phases.

La partie moyenne de la plantule s'allonge, et son extrémité radiculaire se recourbe vers le bas. Plus tard, la gaîne cotylédonaire se renfle beaucoup et sa gemmule s'échappe par la fente cotylédonaire, qui l'entoure d'une sorte de ligule.

La radicule sert de pivot et le cotylédon ne grossit pas, digérant ainsi l'albumen à distance.

L'anatomie de l'embryon subit, bien entendu, des modifications importantes. Les cellules de sa partie moyenne s'allongent et celles de sa partie radiculaire, qui entourent le cylindre central de la radicule, servent à constituer l'écorce de celle-ci.

Æchmæa miniata

Embryon. — Les graines de cette espèce sont de petite taille et contiennent, vers leur extrémité radiculaire, un petit embryon, le reste de

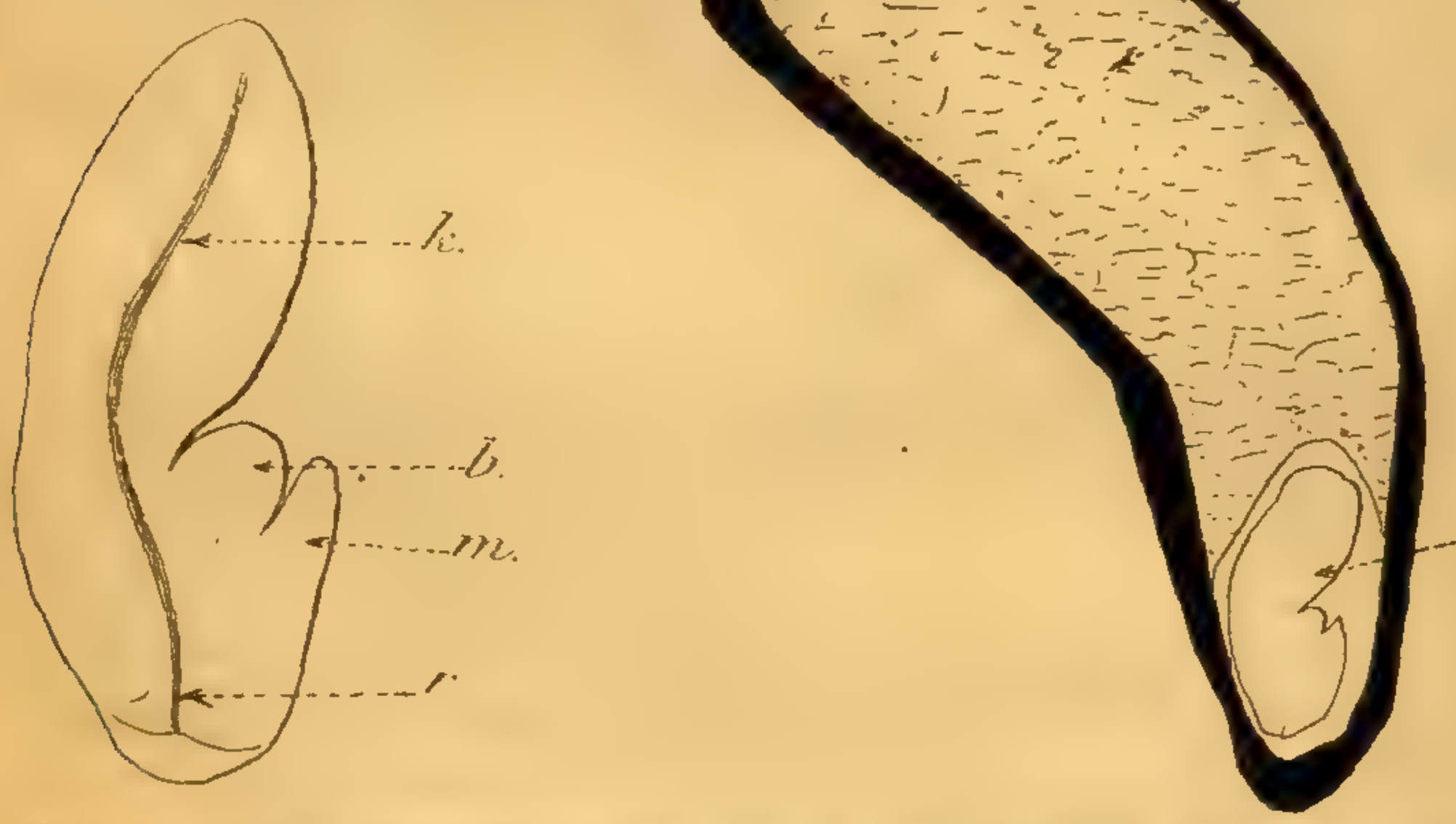


Fig. 18. — Coupe longitudinale dans une graine d'*Æchmæa miniata*, à gauche, l'embryon, plus grossi.

t, téguments de la graine ; *a*, albumen ; *e*, embryon ; *k*, faisceau libéro-ligneux du cotylédon ; *b*, gemmule ; *m*, bord de la fente cotylédonaire ; *r*, cylindre central de la radicule.

la cavité terminale étant rempli par un albumen amylacé.

L'embryon ressemble beaucoup, par sa structure, à celui du *Karatas amazonica*, mais il est moins différencié et la fente qui sépare la gemmule de l'extérieur est incomplètement fermée.

Germination. — La fig. 19 représente les diverses phases de la

germination de la graine. La plantule est admotive et la plumule s'échappe par la fente cotylédonaire, qui lui forme une ligule.

Le cotylédon ne grossit pas et digère, à distance, l'albumen amylacé. La radicule joue le rôle de pivot.

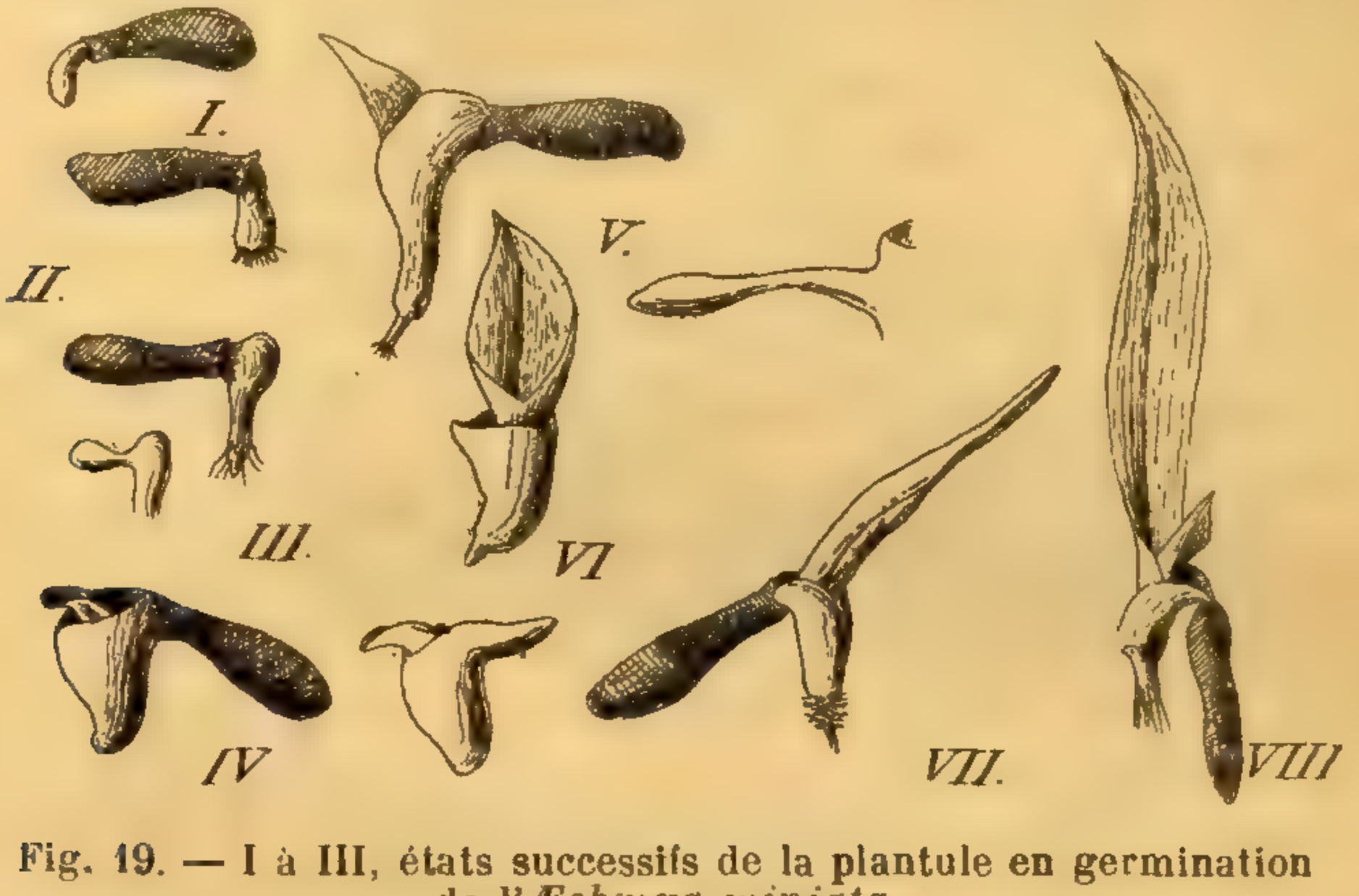


Fig. 19. — I à III, états successifs de la plantule en germination de l'*Æchmæa miniata*.

En III, VI et VII, on a représenté des plantules dont le cotylédon a été extrait de la graine.

Puya spatacea

Nous n'avons pas encore de renseignements sur la structure de l'embryon chez le *Puya spatacea*, qui ne fructifie pas dans les serres du Muséum. La germination de la graine est curieuse et se produit sur un mode différent de celui des espèces qui nous avons étudiées jusqu'ici.

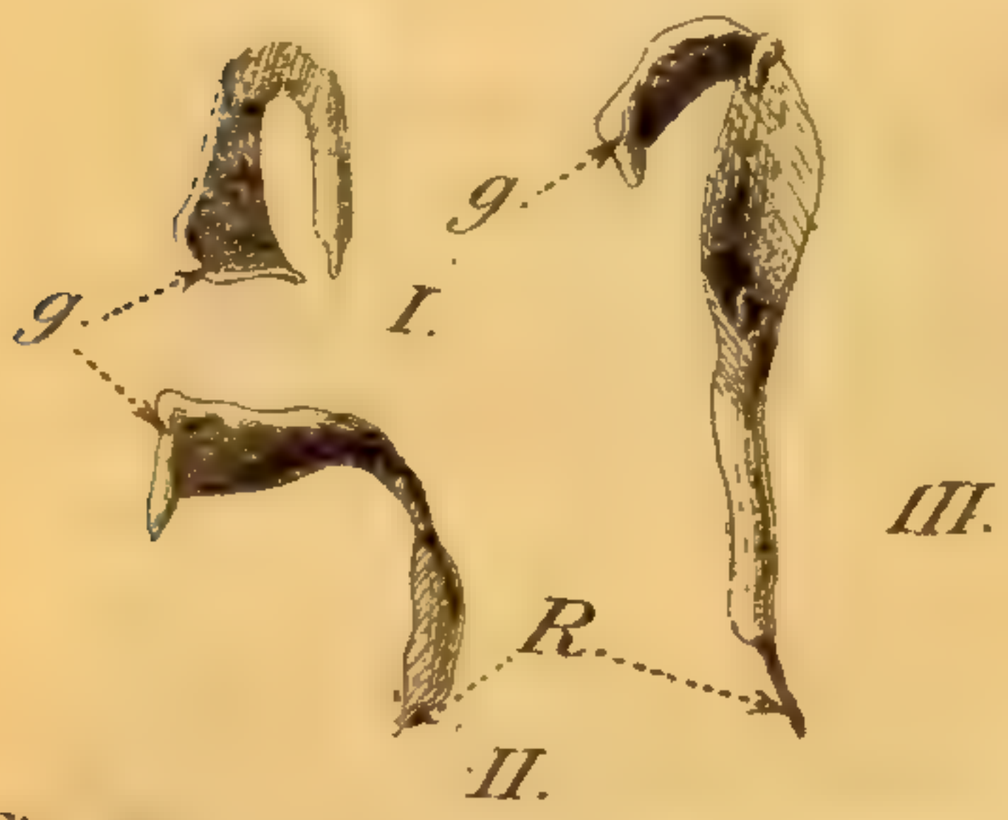


Fig. 20. — I, II, III. états successifs de la germination d'une graine de *Puya spatacea*.

g, graine ; *R*, radicule.

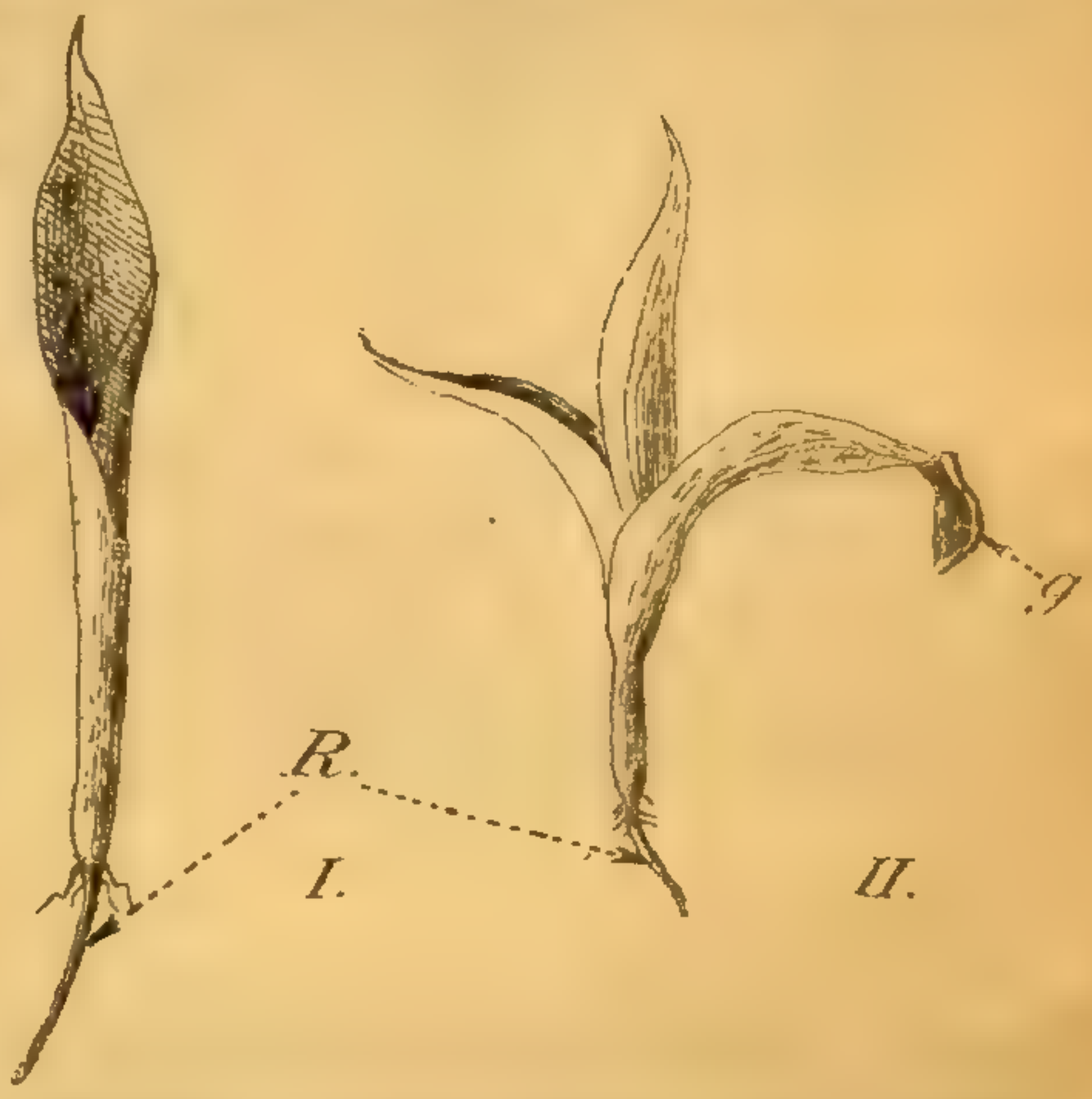


Fig. 21. — I et II, deux états plus avancés de la germination d'une graine de *Puya spatacea*.

g, graine ; *R*. radicule.

En effet, le cotylédon est foliacé, de couleur verte, mais il reste inclus dans la gràine par sa pointe, qui joue le rôle de suçoir, sans cependant présenter de différenciation spéciale. La radicule joue le rôle de pivot.

Tillandsia vestita

Cette espèce, originaire du Mexique, fructifie très bien dans les serres du Jardin des Plantes.

Embryon. — Les graines sont contenues dans une capsule, et sont placées à l'extrémité de poils fins et allongés, fixés, d'une part, à la base de la capsule et, d'autre part, à la partie radiculaire de la graine, qui est de forme allongée.

Lorsqu'on débarrasse cette graine

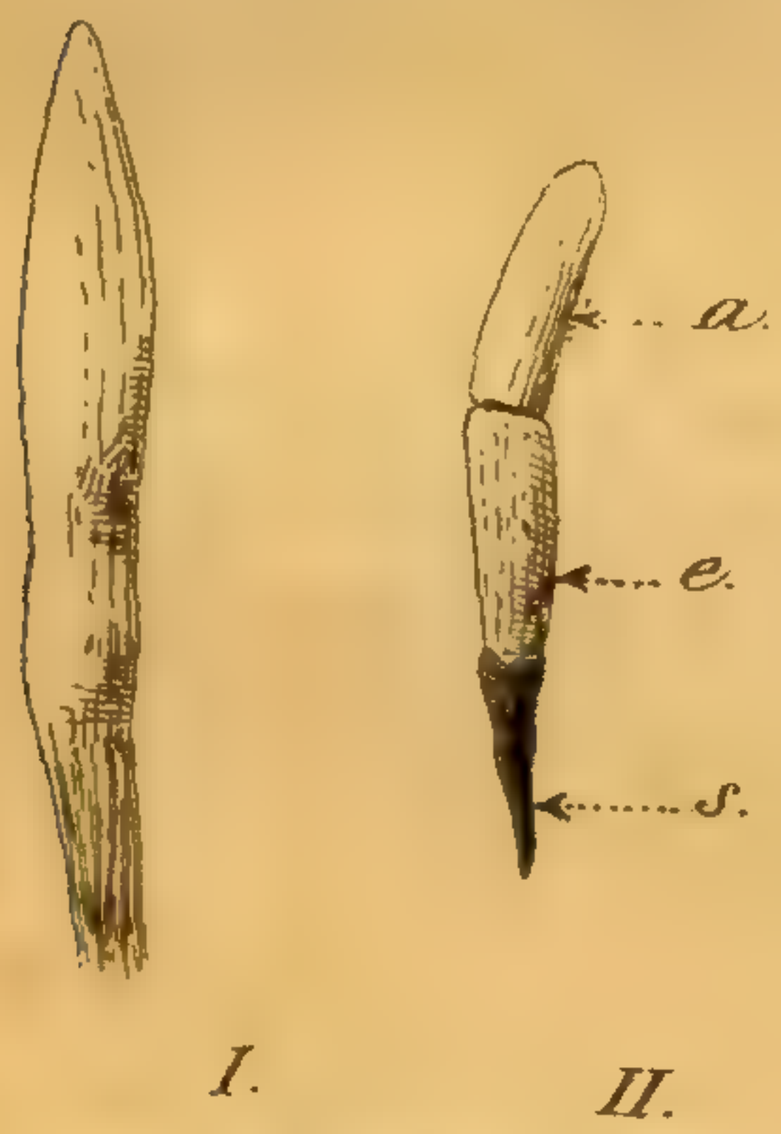


Fig. 22. — *Tillandsia vestita.*

I, La graine; II, la même, décortiquée.

a, albumen ; *e*, embryon ; *s*, suspenseur recouvert par un fragment du tégument interne

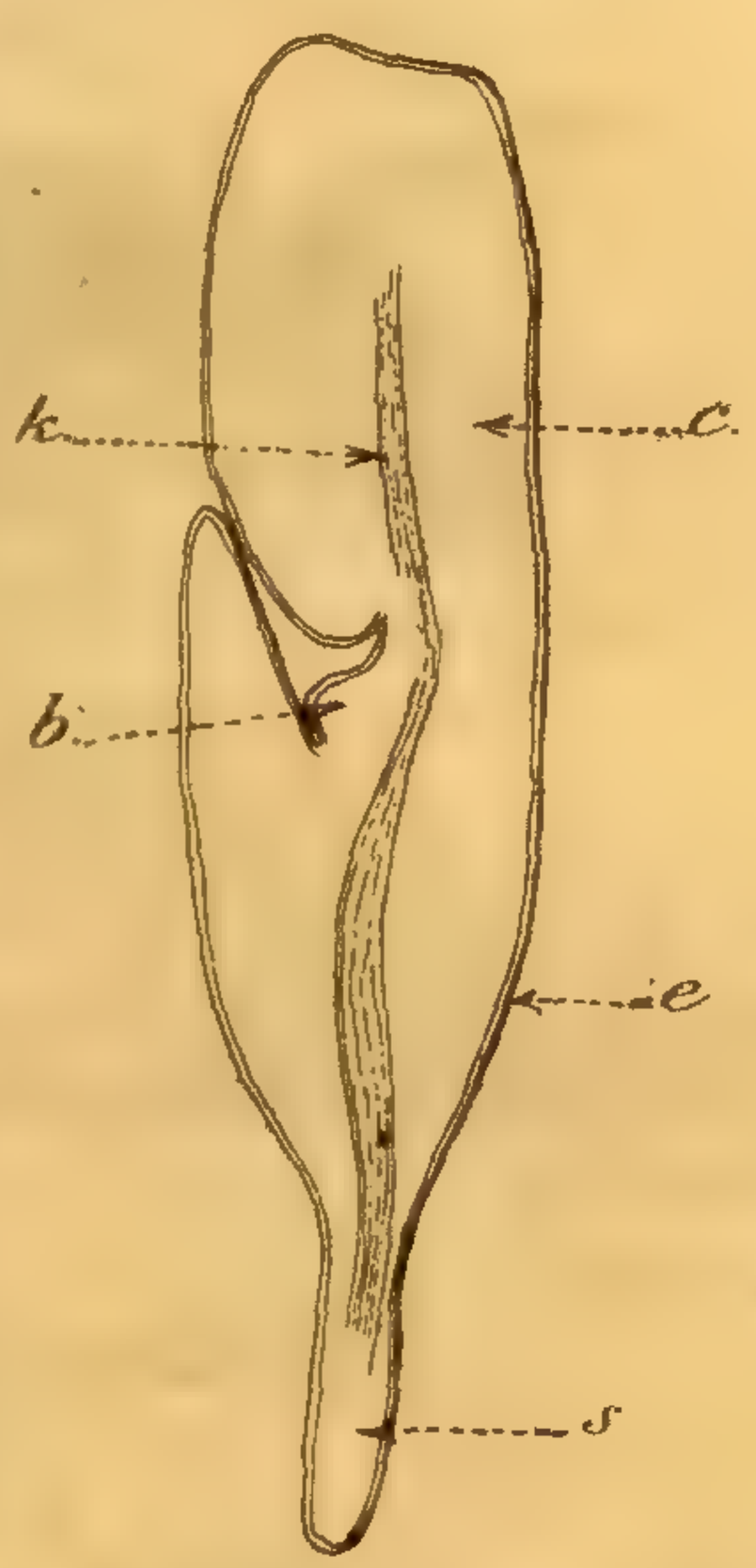


Fig. 23. — Coupe longitudinale dans un embryon de *Tillandsia vestita* (schéma).

c, cotylédon ; *k*, faisceau libéro-ligneux du cotylédon : *b*, gemmule ; *e*, épiderme général de l'embryon ; *s*, suspenseur,

de ses téguments, on trouve, à l'intérieur l'embryon et l'albumen placés bout à bout. L'albumen est formé par des cellules polyédriques contenant des grains d'amidon.

L'embryon présente la forme d'un cylindre allongé terminé vers sa partie radiculaire par un autre cylindre plus étroit.

Examiné en coupe longitudinale, il se montre formé d'une masse de cellules polyédriques et isodiamétriques. Dans sa partie médiane, le corps embryonnaire est parcouru par un faisceau unique sur le côté duquel se trouve la gemmule, placée au fond d'une cavité communiquant avec l'extérieur par une fente (fig. 24).

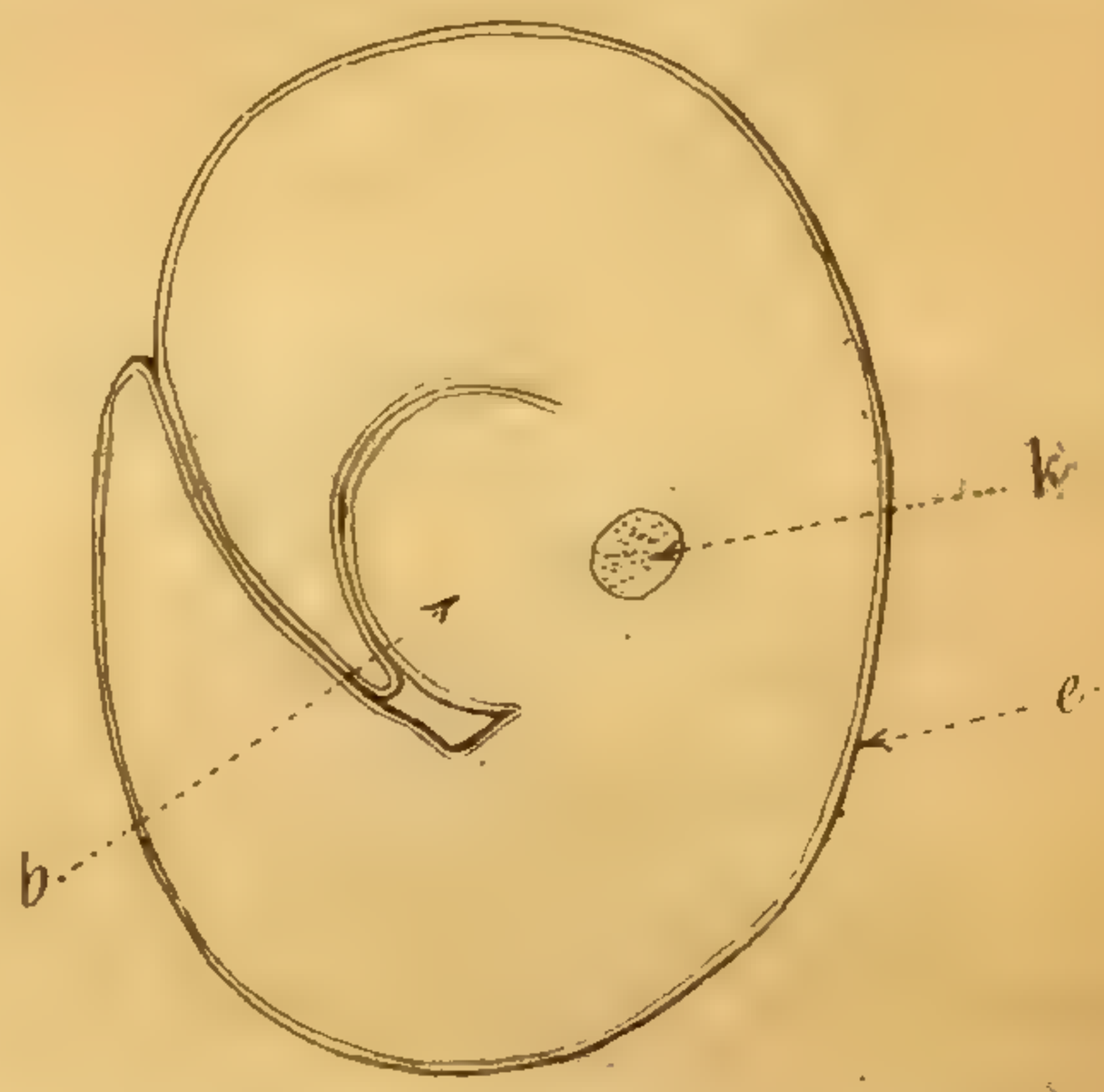


Fig. 24. — Coupe transversale (schématique), de l'embryon du *Tillandsia vestita*.
b, gemmule ; *k*, faisceau libéro-ligneux du cotylédon ; *e*, épiderme général de l'embryon.

Le faisceau libéro-ligneux se rend dans la partie radiculaire qui, ainsi que nous l'avons dit, est fine, cylindrique et allongée.

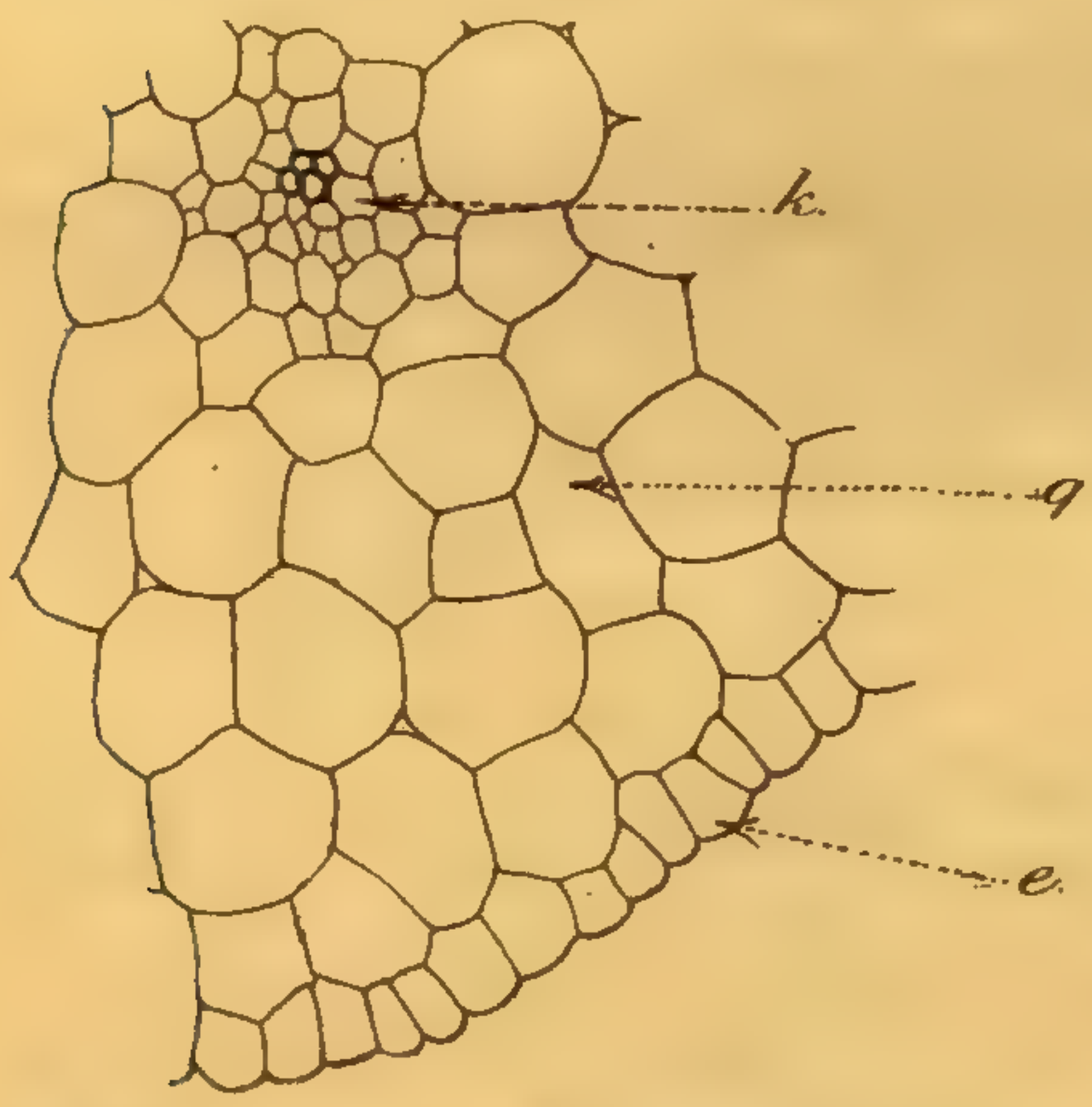


Fig. 25. — Coupe transversale dans le cotylédon d'un embryon de *Tillandsia vestita*.
k, faisceau libéro-ligneux ; *q*, parenchyme du cotylédon ; *e*, épiderme.

Là, il se perd au milieu d'un massif de cellules polyédriques, sans qu'on puisse observer de point végétatif se rapportant à la radicule. Cette partie plus étroite de l'embryon doit être rapportée au suspenseur.

Reprenons maintenant chacune de ces parties et proposons-nous d'en examiner, avec plus de détails, la structure interne.

La région supérieure de l'embryon est constituée par des cellules à contenu épais et granuleux, pourvues de gros noyaux, un peu diffus et ne contenant que peu de vacuoles.

Dans cette région, le faisceau libéro-ligneux est peu différencié, et on le reconnaît seulement à l'étroitesse de ses éléments, et à leur allongement très grand lorsqu'on les considère en coupe longitudinale (fig. 27).

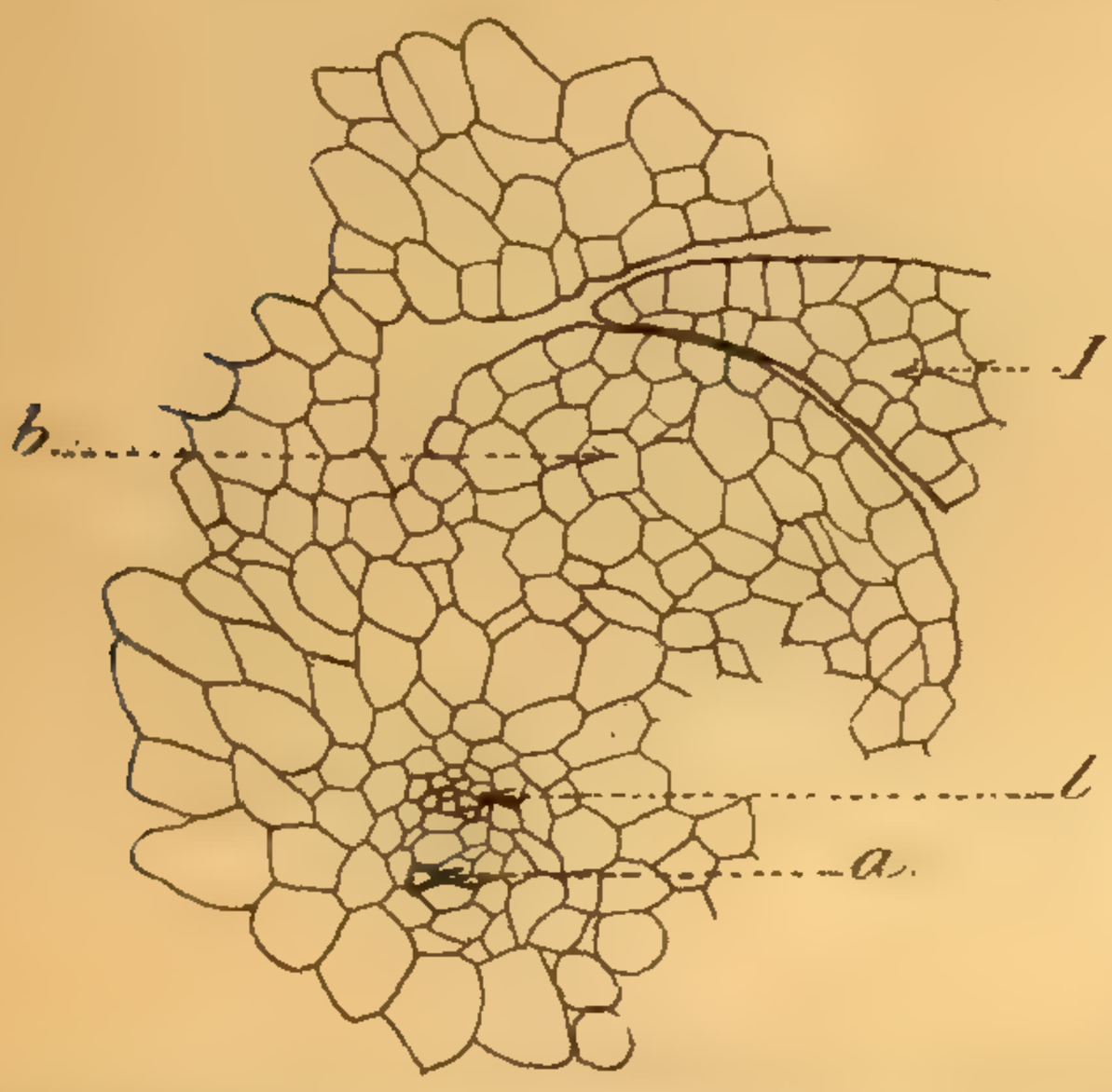


Fig. 26. — Coupe transversale d'un embryon de *Tillandsia vestita* pratiquée à hauteur de la gemmule

b, bourgeon gemmulaire ; *l*, repli de la fente cotylédonaire ; *l*, liber du faisceau cotylédonaire ; *a*, bois du même.

Lorsqu'on descend vers la gemmule, on observe que les éléments, sans changer de forme ni de grosseur, deviennent moins granuleux contiennent un noyau net et de très grandes vacuoles.

C'est entre la gemmule et le suspenseur que le faisceau acquiert la différenciation la plus marquée. Là, on distingue fort bien des vaisseaux spiralés.

Fig. 27. — Coupe longitudinale d'un embryon de *Tillandsia vestita*, pratiquée au niveau de la gemmule.

b, bourgeon gemmulaire ; *e*, épiderme ; *f*, faisceau libéro-ligneux du cotylédon.

La gemmule est située latéralement et formée de cellules en voie de cloisonnement. Elle se trouve au fond d'une fente à bords se recouvrant l'un l'autre (fig. 26 et 27), et elle est tapissée. de même que tout l'embryon, par un épiderme régulier qui, très différencié des tissus sous-jacents dans les régions supérieures de l'embryon, perd, au contraire, beaucoup de sa régularité dans la région radiculaire et dans celle du suspenseur, dont nous allons maintenant nous occuper.

Fig. 28. — Coupe longitudinale pratiquée à la base d'un embryon de *Tillandsia vestita*.

f, faisceau libéro-ligneux; *s*, suspenseur.

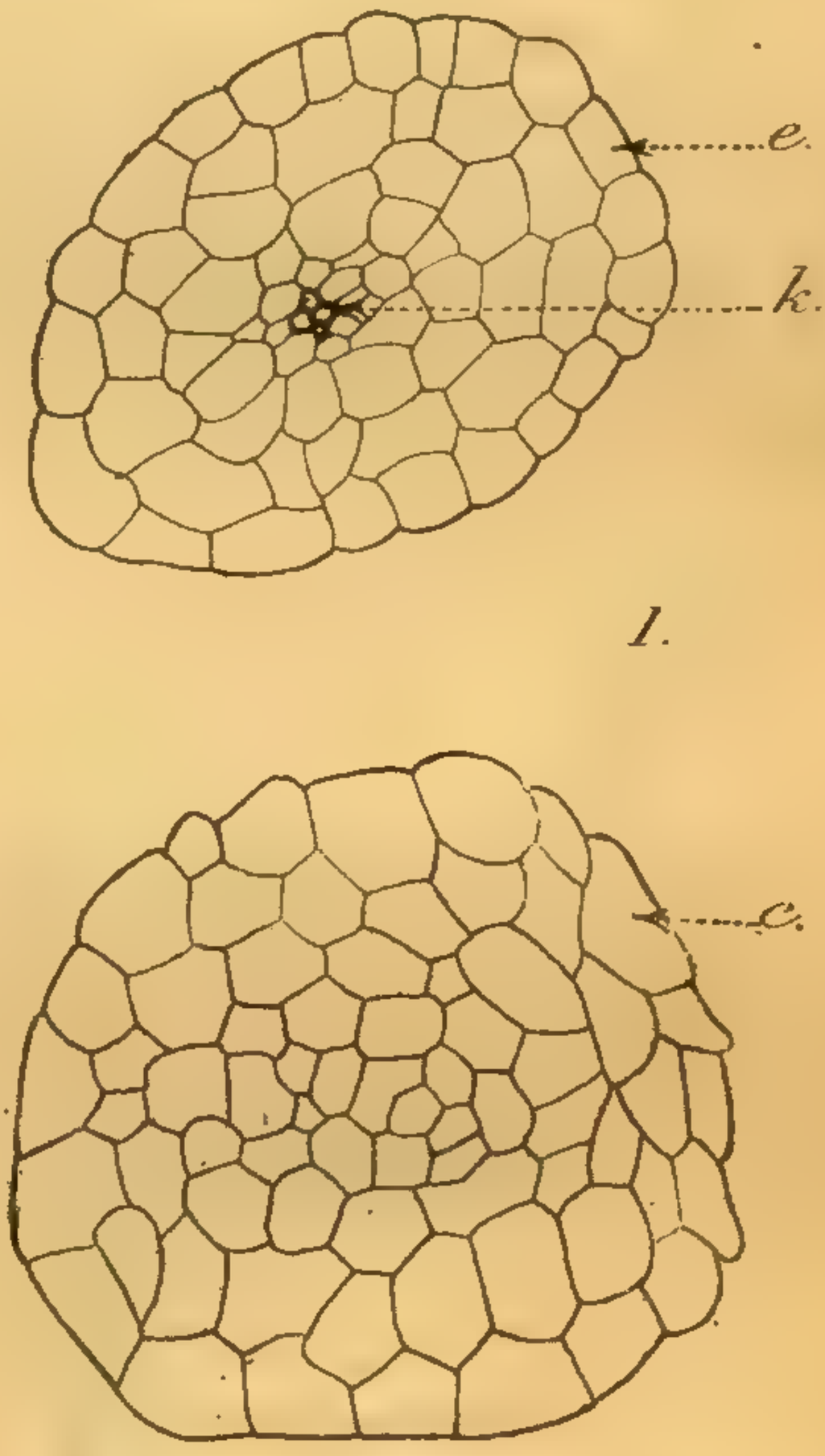


Fig. 29. — Coupes transversales dans un embryon de *Tillandsia vestita*.

I, à hauteur de l'extrémité radiculaire; II, dans le suspenseur.

e, épiderme; *k*, faisceau libéro-ligneux.

Le suspenseur est très allongé et représente, à lui seul, le quart de la longueur totale de l'embryon. Il est formé de cellules polyédriques, isodiamétriques, à contenu épais, un peu plus petites au centre qu'à la périphérie. Le faisceau médian vient se perdre dans ce massif cellulaire, ainsi que le montre la fig. 28. On y voit les éléments allongés du faisceau devenus de plus en plus courts, de plus

en plus larges et, finalement, tout à fait semblables aux cellules environnantes.

L'épiderme de cette région, ainsi que nous l'avons dit précédemment, est formé d'éléments qui ne se distinguent, par aucun caractère autre que par leur situation, des autres cellules de cette région de l'embryon.

Germination. — On réussit des germinations de *Tillandsia vestita* lorsqu'on a soin de prendre des graines tout à fait fraîches et bien mûres et qu'on les sème de suite soit sur *Sphagnum*, soit sur un morceau de bois placé dans une serre chaude et humide.

Tout d'abord, l'embryon se gonfle, en écartant ses téguments, pendant que le suspenseur brunit et se racourcit. L'embryon, continuant à grossir, reste inclus, par sa partie cotylédonaire, dans la graine. Lorsqu'on enlève celle-ci, dont il ne reste plus, en général, que le tégument

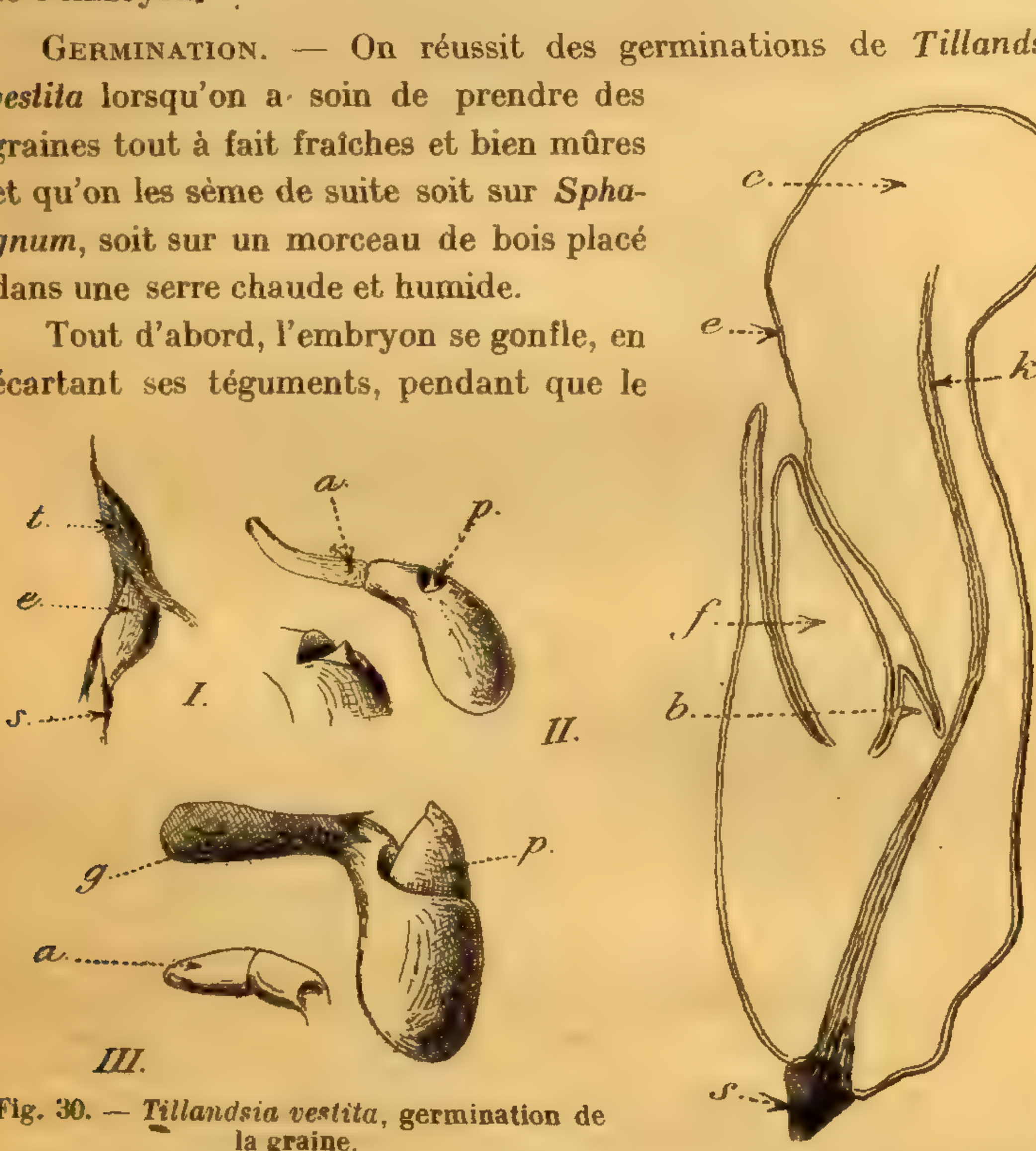


Fig. 30. — *Tillandsia vestita*, germination de la graine.

I, l'embryon s'échappe de la graine ; II et III, à droite : deux phases successives de la germination ; à gauche : partie cotylédonaire des mêmes plantules. extraite de la graine.

t, téguments de la graine ; *e*, embryon ; *s*, son suspenseur ; *p*, gemmule ; *g*, graine ; *a*, albumen.

Fig. 31. — Embryon germant de *Tillandsia vestita* (coupe longitudinale schématique),

c, cotylédon ; *e*, épiderme ; *k*, faisceau libéro-ligneux ; *f*, première feuille ; *b*, bourgeon gemmulaire ; *s*, suspenseur.

interne, on s'aperçoit que le cotylédon ne grossit pas et reste accolé à l'albumen, qu'il paraît digérer à distance. Il nous a d'ailleurs été impossible, jusqu'ici, d'obtenir des plantules plus âgées que celle qui est représentée en III (fig. 30). On voit que le suspenseur a complètement disparu, et que l'extrémité micropylaire de l'embryon a beaucoup augmenté de volume. De plus, le cotylédon s'est allongé, ce qui a eu pour effet d'éloigner de la graine le collet de la jeune plante. Celle-ci, obéissant au géotropisme, s'est recourbée vers la terre, et la gemmule, se développant beaucoup, a déjà formé la première feuille, épaisse et charnue.

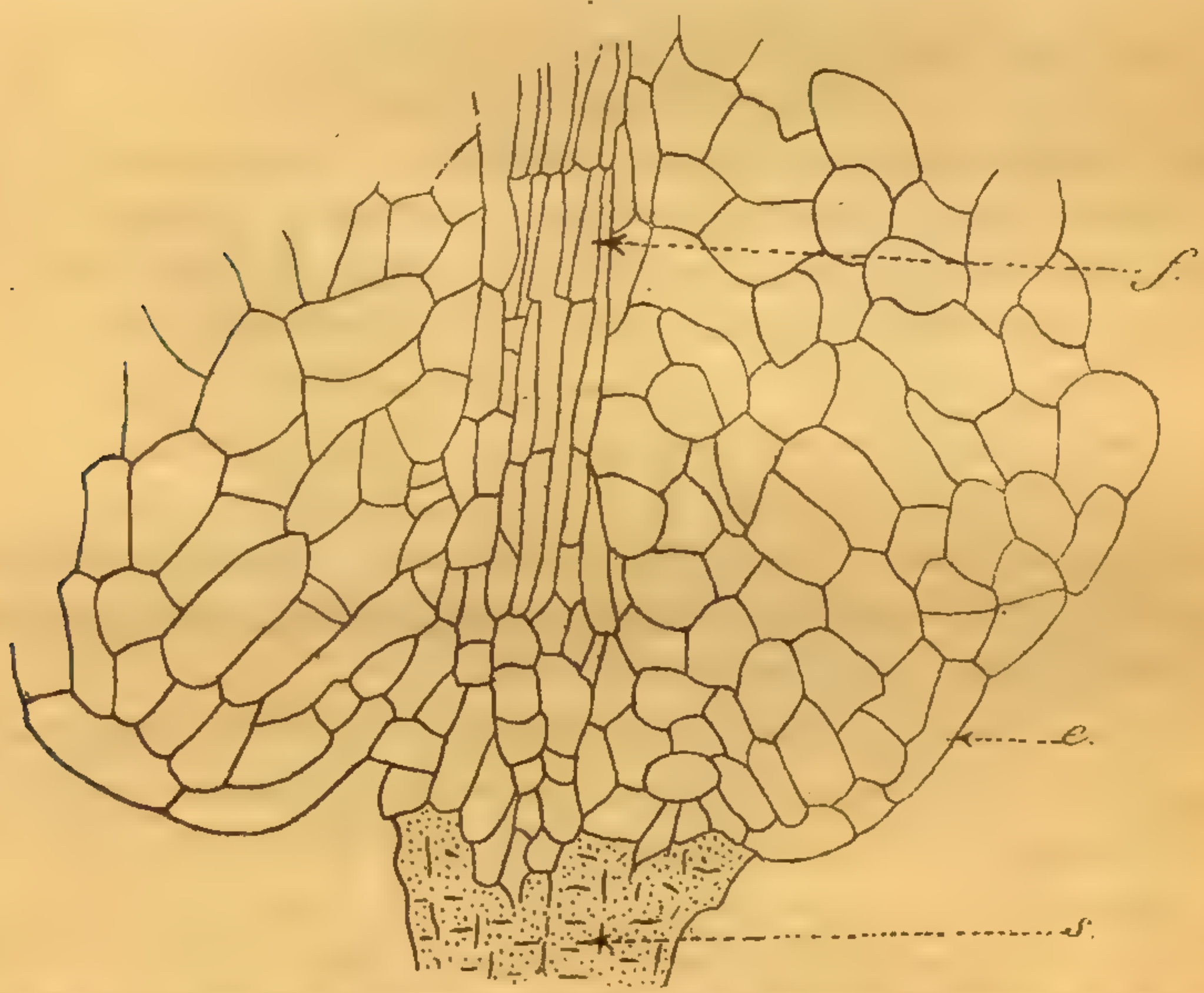


Fig. 32. — Coupe longitudinale dans l'extrémité radiculaire d'un embryon germant de *Tillandsia vestita*.
f, faisceau libéro-ligneux ; *e*, épiderme ; *s*, suspenseur atrophié.

Structure anatomique de la plantule. — La germination est marquée par l'allongement très grand des cellules de la partie moyenne de l'embryon, ce qui a pour effet, comme nous l'avons vu dans les exemples précédents, d'amener au dehors le collet de la jeune plante. Celui-ci se gonfle énormément par suite de l'augmentation de volume de toutes les cellules qui le composent, et la gemmule s'échappe par la fente cotylédonaire. L'albumen est digéré à distance.

Mais le fait le plus remarquable de ce processus germinatif est l'atrophie du suspenseur, dont les cellules noircissent et se désorganisent, en même temps qu. l'on ne constate pas la formation d'une radicule. Il y a, dans le cas du *Tillandsia vestita*, avortement de cet organe.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, les représentants des diverses tribus de Broméliacées que nous avons examinés offrent des embryons et des plantules dont les caractères varient beaucoup lorsqu'on passe d'une tribu à une autre.

L'embryon des Bromelieæ est courbe avec une gemmule encore peu développée. La radicule est réduite à son cylindre central, car, en effet, l'écorce n'en est pas encore différenciée. L'assise pilifère, bien marquée chez le *Karatas amazonica* et le *Billbergia violacea*, est en continuité avec l'épiderme général de l'embryon. Le suspenseur est, de plus, bien visible chez la première de ces deux espèces.

La fente cotylédonaire est à bords imbriqués chez les *Æchmæa* et les *Karatas*; elle est à bords juxtaposés et incomplètement fermée chez le *Billbergia violacea.*

La germination est admotive ligulée et le cotylédon, réduit à l'état de suçoir, ne grossit pas et digère à distance l'albumen amylacé. La radicule joue le rôle de pivot.

Chez le *Puya spatacea*, qui représente la tribu de *Puyeæ*, l'embryon n'a pu être étudié, mais la germination présente des caractères tout différents. Le cotylédon est foliacé, et ne présente aucune différenciation en suçoir. La radicule joue le rôle de pivot.

Enfin, chez le *Tillandsia vestita*, qui représente la tribu des *Tillandiseæ*, la germination est admotive comme chez les Bromelieæ, et l'embryon présente les mêmes caractères essentiels; mais la radicule avorte et, au moins pendant les premiers stades de la germination, il ne se produit pas de racines latérales.

Je pense que l'avortement de la radicule est en relations avec l'habitat epiphyte de la plante dont nous venons de considérer la germination.

Tels sont les faits essentiels qui se dégagent de ces observations qu'il sera nécessaire d'étendre à un plus grand nombre d'espèces.

(Travail fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne).

ESQUISSE DE LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE DE LA FORÊT DE COMPIÈGNE

par M. DEBEAUPUIS

(Suite)

---

§ IX. — Plantes qui manquent dans la région ou qui sont peu communes, comparativement aux environs de Paris.

Pour se rendre mieux compte de ce qui constitue l'originalité botanique de la région, il est intéressant d'indiquer le plus exactement possible les espèces qui manquent à Compiègne et qu'on trouve, par contre, assez communément aux environs de Paris; puis, réciproquement, celles qui y croissent en abondance, mais manquent autour de la capitale.

Voici d'abord une première liste de ce qu'on pourrait appeler « caractéristiques négatives », vu leur absence totale.

Sinapis Cheiranthus Koch.
» *alba* L.
Diplotaxis vinimea DC.
» *muralis* DC.
Genre *Lepidium*.
Helianthemum pulverulentum DC.
Dianthus Carthusianorum L.
Silene conica L.
Linum angustifolium L.
Oxalis stricta L.
Genre *Ulex*.
Ononis Columnæ All.
Coronilla minima L.
Sedum reflexum L.
Peucedanum parisiense DC.
Asperula arvensis L.
Genre *Phyleuma*.
» *Pulmonaria*.
» *Heliotropium*.
» *Digitalis*.
» *Melittis*.
Euphorbia Gerardiana Jacq.
Plantago coronopus.
Scleropoa rigida L.

Parmi cette énumération, on peut nettement reconnaître certaines espèces propres aux terrains silico-calcaires, lesquels ne sont pas représentés à Compiègne; par contre l'absence complète des *Lepidium*, *Oxalis stricta*, *Melittis*, *Pulmonaria*, *Scleropoa* est difficile

à expliquer par un facteur quelconque relevant de la géographie botanique.

A côté de ces espèces, il en est d'autres dont la rareté relative est excessivement remarquable. Ce sont surtout :

Myosurus minimus L.
Ranunculus Philonotis Ehrh.
Barbarea vulgaris Roth.
Sisymbrium Sophia L.
» *Irio* L.
Erysimum cheiranthoides L.
Nasturtium sylvestre R. Br.
Thlaspi perfoliatum L.
Alyssum calycinum L.
Diplotaxis tenuifolia D.C.
Parnassia palustris L.
Gypsophila muralis L.
Silene Otites L.
Hypericum pulchrum L.
Genista tinctoria L.
Ononis spinosa L.
Spiræa Filipendula L.
Caucalis daucoides L.
Silaus pratensis Bess.
Chærophyllum silvestre L.
Carduus tenuiflorus Curt.
Centaurea solstitialis L.
Artemisia campestris L.
Inula Pulicaria L.
Podospermum laciniatum DC.
Erica cinerea L.
Gentiana Pneumonanthe L.
Linaria striata D.C.
Lamium Galeobdolon Crantz.
Globularia vulgaris L.
Maianthemum bifolium DC.
Juncus squarrosus L.
Cyperus fuscus L.
Eriophorum latifolium Hoppe.
Carex disticha Huds.
» *stricta* Good.
» *præcox* Jacq.
» *distans* L.
Nardurus tenellus Rchb.
Etc.

Comme caractéristiques positives, il convient ensuite de citer :

Anemone ranunculoides L.
Helleborus viridis L.
Corydallis solida Sm.
Cardamine Impatiens L.
» *hirsuta* L.
» *amara* L.
Turritis glabra L.
Dianthus deltoides L.
Lychnis silvestris Hoppe.
Impatiens Noli-tangere L.,
Oxalis corniculata L.
Trifolium medium L.
Ervum hirsutum L.
Lathyrus hirsutus L.
Vicia lathyroides L.
Geum rivale L.
Œnothera biennis L.
Epilobium spicatum L.
» *roseum* Schreb.
Hippuris vulgaris L.
Sedum elegans Lej.
Chrysosplenium oppositifolium L.
Seseli Libanotis Koch.
Ægopodium Podagraria L.
Carum bulbocastanum Koch.
Palimbia Chabræi D.C.
Asperula odorata L.
Dipsacus pilosus L.
Cirsium eriophorum Scop.
Doronicum plantagineum L.
Inula salicina L.
Helminthia echioides Gærtn.
Lactuca perennis L.
Crepis pulchra L.
Pyrola minor L.
Lysimachia nemorum L.
Cynoglossum montanum Link.
Verbascum nigrum L.
Veronica spicata L.
» *montana* L.
Calamintha officinalis Mœnch.
Salvia verticillata L.

Salvia Verbenaca L.
Stachys alpina L.
Euphorbia Esula L.
» *platyphyllos* L.
Paris quadrifolia L.
Iris fœtidissima L.
Orchis purpurea Hudj.
» *militaris* L.
» *laxiflora* Lam.
Les 4 *Ophrys*.
Cephalanthera rubra Rich.
Cephalanthera grandiflora Babingt.
» *ensifolia* Rich.
Limodorum abortivum Sw.
Potamogeton plantagineus Ducros
Scirpus ovatus Roth.
Carex arenaria L.
» *maxima* Scop.
» *Reichenbachi* Ed. Bonn.
» *depauperata* Good.
Polypodium Dryopteris L.
Etc.

§ X. — Catalogue abrégé indiquant quelques localités ou végètent des plantes peu communes

Au cours de longues recherches, j'ai peu à peu établi un catalogue détaillé des plantes croissant autour de Compiègne; ne pouvant ici le reproduire in extenso, vu le cadre de ce travail, on y trouvera seulement des indications de localités pour certaines espèces les moins communes et des remarques n'ayant pu prendre place dans les paragraphes précédents (1). Quelques stations sont, en réalité, situées en dehors de la forêt, mais toujours au maximum dans un rayon de deux à trois lieues autour de la ville.

Ranunculus nemorosus D. C. — Bords de la route de Crépy, depuis le carrefour du Blaireau jusqu'à celui du Lièvre.

Ranunculus Lingua L. — Entre le poste forestier et le carrefour des Chambres du Vivier-Corax.

Clematis Vitalba L., var. *crenata* Jord. — Carrières de Margny-les-Compiègne.

Anemone Pulsatilla L. — Plateau calcaire du mont Ganelon; lisière sud-est du champ de manœuvres (sables calcaires).

Anemone ranunculoides L. — Toujours abondante au pont de Berne; ça et là autour de Vieux-Moulin et de l'Ortille.

Helleborus fœtidus L. — Coteaux calcaires découverts : Champlieu, mont St-Marc, Grands-Monts, etc.

Helleborus viridis L. — Les Tartres, près Jaux, dans un bosquet argileux humide, au nord-ouest, à 100 mètres derrière les maisons; s'y maintient depuis quatre-vingts ans.

(1) **Pour un botaniste, la carte de la forêt de Compiègne, éditée chez Hachette (prix 0 fr. 50) est certainement la meilleure.**

Corydallis solida Sm. — Voir au paragraphe Polymorphisme.

Erysimum Cheiranthoides L. — Assez rare, presque toujours par individus isolés. Entre Compiègne et Choisy, rive gauche de l'Oise (1907); au nord-est de Pierrefonds (1909, 1910).

Cardamine amara L. — Étangs de S^{t} Pierre, dans les marécages (A.-R.); bords du rû de Vendy, aux près de Genancourt et derrière la Parisis (C. C.).

Cardamine Impatiens L. — Après bien des recherches infructueuses, j'en ai retrouvé sept pieds sur le bord gauche du rû de la Michelette, entre le carrefour de l'Auge et celui de la Fontaine Hauet, fructification avancée (26 juillet 1910). Existe aussi en d'autres points dans la vallée du même rû.

Cardamine hirsuta L. — Vivier Corax, vers le centre du marécage, au milieu des herbes.

Turritis glabra L. — Côté droit de la route du Francport, en face d'une jeune plantation de pins; n'avait jamais été indiqué dans les environs.

Teesdalia nudicaulis R. Br. — Plateau sablonneux gazonné couronnant le mont S^{t} Pierre.

Iberis amara L. — Contrairement aux idées de Graves, la plante me paraît parfaitement spontanée : carrières de Beaumanoir, vallon caillouteux au nord-est de Montmartin, avec la var. *arvatica* Jord.

Thlaspi arvense L. — Rare; à Cuise Lamotte, sur le bord des talus. Le *T. perfoliatum* L. se trouvait jusqu'en 1907 dans les terrains vagues employés depuis pour l'agrandissement de la gare aux marchandises de Compiègne. La floraison est très éphémère.

Viola elatior Fr., var. *pumila* Villars. Existait encore il y a six ans au Pré des Planchettes.

Drosera rotundifolia.L. — Végétait autrefois à Compiègne, mais y a disparu : à Batigny, l'étang est maintenant clôturé, couvert de grandes herbes; à la fontaine L'Hermite, le terrain a été bouleversé et la source captée pour distribution d'eau au château de la Bréviaire; aux prés de Rozoir, l'espèce ne s'y trouve plus (recherches des 25, 26 et 29 juillet dernier), ainsi qu'à la gorge du Han.

Polygala depressa Wend. — Allées gazonnées humides; carrefour de la Michelette, entre le carrefour d'Aumale et celui du Dormoi, etc.

Saponaria officinalis L. — Parfaitement spontanée près du carrefour des Bordages et sur le Ganelon.

Dianthus deltoides L. — Pelouses herbeuses des sables glauconieux; autour de Royallieu; carrefours du Vol, du Pré de la Ville; autour de Vieux-Moulin; près du carrefour de l'Embrassade; terrain de jeu de l'association sportive du collège de Compiègne, etc. Le *D. Armeria* L., sans être rare, n'est abondant nulle part, de même que *D. prolifer* L.

Silene Otites L. — Pelouses gazonnées arides : champ de manœuvres d'infanterie; mont Ganelon (avec *S. nutans* L.).

Lychnis silvestris Hoppe. — Assez commun, sur les bords du rû des Planchettes, carrefour de l'Embrassade, du Pélican, etc., route du Vivier de Grès, à la hauteur des réservoirs d'eau du château de Laigle, côté gauche.

Stellaria uliginosa Murr. — Bases du mont du Tremble; dans l'allée, 50 mètres au nord du carrefour Antoinette; marécages de S^{t} Nicolas de Courson, mêlé avec une forme aberrante.

Malva Alcea L.— Lieux ombragés frais : bords de l'Aisne, 500 m. en aval du Francport, rive gauche; enceinte du Berne.

Geranium sanguineum L. — Ancienne gravière clôturée, route de Soissons; coteaux autour de S^{t} Nicolas du Courson; mont S^{t} Marc, à droite et en haut du carrefour des Nonnes; Le *G. pyrenaicum* L. se propage de plus en plus dans les prés découverts.

Impatiens Noli-tangere L. — Abonde dans toute la partie nord-est de la forêt : Étangs de S^{t} Pierre, côté opposé à la route (C. C. C.); marécages vers l'Ortille; autour de Vaudrempont et de la Lande Blin; rû des Planchettes, entre le carrefour des Amoureux et celui de l'Étang de S^{t}-Jean, etc. La var. *apetala*, souvent mêlée avec le type, apparaît surtout quand l'ombrage devient épais.

Oxalis corniculata L. — Trouvé à Pierrefonds, le 12 août dernier, près d'un mur, à 40-60 mètres du premier passage à niveau, en allant sur Palesne. N'avait jamais été indiqué aux environs.

Genista tinctoria L. — Rare pour la région : mont Ganelon; en amont de l'Écluse du Carendeau.

Trifolium medium L. — Sables glauconieux : après le carrefour de la Petite Patte d'Oie; entre le carrefour de S^{te}-Périne et la route de Morienval; carrefour du Blaireau; autour de Royallieu; route de Soissons, côté droit, entre les Hm. 870-871, etc. Le bois de

Damart, où Graves indiquait de manière très vague le *T. agrarium* L. n'est plus aujourd'hui qu'un taillis très élevé et excessivement serré, très ombreux, où on ne trouve presqu'aucune végétation.

Ononis spinosa L. — Rive gauche de l'Oise, sur une berge élevée, 100 m. après l'usine des eaux, avec *Aristolochia Clematitis* L.

Coronilla varia L. — Pelouses herbeuses, des sables glauconieux : route de Soissons, après Bellicart; route de Crépy, à l'Hm. 41; coteaux autour de St Nicolas de Courson; route de Choisy, près d'une mare, etc.

Lathyrus silvestris L. — Route de Pierrefonds à Cuise-Lamotte, dès qu'elle atteint le plateau; bois d'Hémévillers.

Lathyrus hirsutus L. — En voie de vulgarisation très intense aux environs, dans les campagnes, le long des chemins et des voies ferrées.

Vicia lutea L. — Moins commune en forêt de Compiègne qu'en forêt de Laigle : Margny, Francières, Montmartin. Le *V. lathyroides* L. croît par individus isolés sur tous les talus sablonneux.

Spiræa Filipendula L. — Peu fréquente : route du Moulin, à gauche, 800-900 m. avant le carrefour de la petite Patte d'Oie; route de Soissons, côté gauche, le long d'un treillage, près l'Hm. 487.

Geum rivale L. — Assez commune dans la vallée d'Aronde, autour de Coudun, avec de nombreuses monstruosités.

Potentilla splendens Ram.— Autrefois au pied du mur du Grand-Parc près de l'octroi de la route de Soissons. A disparu depuis, ainsi que *Scrofularia vernalis*, *Hyoscyamus niger*, du fait des cantonniers chargés de l'entretien de la pelouse.

Agrimonia Eupatoria, var. *odorata* Lam. — Pentes du mont St Marc.

Rubus. — Polymorphisme très remarquable. — Le rarissime *R. saxatilis* L. n'existait déjà plus en 1855 (Marcilly,) près du carrefour des Clavières, le terrain ayant été bouleversé par des plantations. Le long du treillage en fil de fer qui entoure le poste forestier voisin croît une forme presque herbacée de *R. cæsius* qu'on pourrait prendre pour *R. saxatilis*.

Sorbus aucuparia L. — Mont du Tremble.

Myriophyllum verticillatum L. — Dans l'Oise, face à la chocolaterie Mauprivez (1910).

Epilobium spicatum Lam. — Assez fréquent : lisière sud du champ de manœuvres ; etc. Affectionne également les voies ferrées.

Epilobium roseum Schreb. — Dans toutes les allées humides du sud-ouest : route du Maupas, du Hourvari, des Princesses, entre le carrefour des Bécasses et le Vivier Payen. Les fleurs pâles sont à peine ouvertes, les nervures profondément enfoncées dans le limbe.

Hippuris vulgaris L. — L'Oise, à l'écluse de Venette ; l'Aronde en amont de Beaumanoir (C. C. C.).

Ceratophyllum demersum L.— L'Oise ; l'Aisne ; au lac de Pierrefonds ; rû de Berne, près Batigny.

Lythrum hyssopifolium L. — Moissons à la lisière nord-est du parc Chevallier, à Francières ; prairies au-dessus de la briqueterie de Remy ; n'avait jamais été trouvé aux environs.

Peplis Portula L.— Sables humides de la forêt, sans être très commun.

Tillæa muscosa L. — Abonde dans les allées sablonneuses rayonnant autour du Puits-du-Roi ; entre les carrefours Antoinette et du Maupas. Souvent inaperçu, à cause de sa petite taille.

Sedum elegans Lej. — Commun : layons autour de Royallieu ; route du Moulin ; au Buissonnet, etc. Par contre, l'espèce type *S. reflexum* L. manque totalement.

Sedum rubens L. — Sur un vieux mur, route de S^{t} Jean, à la sortie de Pierrefonds (août 1910) ; n'avait jamais été trouvé aux environs. Le *S. Cepæa* est surtout commun sur les talus de la route de Crépy, avant la Bréviaire.

Chrysosplenium oppositifolium L. — Extrêmement fréquent dans les marécages semi-tourbeux : Étangs de S^{t} Pierre (C. C. C.) ; l'Ortille ; S^{t} Nicolas de Courson ; bords du rû de la Michelette, du rû de Varin ; autour du carrefour des Étangs de Batigny, des Bécasses, du Vivier Payen, de la Bourdelotte, etc. Tend à se répandre de plus en plus.

Chrysosplenium alternifolium L. — Disparu des Étangs de S^{t} Pierre ; probablement étouffé par le précédent.

Tordylium maximum L. — Pierrefonds : autour de la gare, bords de la route de S^{t} Jean.

Seseli Libanotis Koch. — Coteaux calcaires : Margny, Ganelon, Monchy, Beaumanoir et Lachelle (carrières).

Caucalis daucoides L. — Introduit avec les semences; tend à devenir de plus en plus rare.

Silaüs pratensis Bess. — Près de la Ville (Pierrefonds); autour de Francières.

Pimpinella magna L. — Partie humide boisée entre un coude de l'Aisne et la route du Francport, environ 1 Km. avant le carrefour; route de St-Sauveur; auprès du carrefour de Picardie (C. C. C.); çà et là, le long des fossés herbeux.

Ægopodium Podagraria L. — Entre les carrefours des Chambres et de l'Embrassade; Petit Parc, près d'un mur bordant la terrasse.

Helosciadium inundatum Koch. — Sous le pont de l'Aronde, à Clairoix.

Selinum carvifolium L. — Allées humides du sud-ouest de la forêt.

Œnanthe Phellandrium Lam. — Rare : à gauche du pont de Choisy (sur l'Oise), dans un petit marais proche d'un chantier de constructions de bateaux, où fleurit aussi *Centaurea Calcitrapa* L. L'*Œ. peucedanifolia* Poll., commune au Vivier Corax et aux Prés du Rozoir; l'*Œ. fistulosa* L., dans les fossés.

Peucedanum Cervaria Lap. — A totalement disparu du Ganelon. La localité et la plante continuent pourtant à être mentionnées dans les flores parisiennes récentes. L'absence du *P. parisiense* DC. est tout à fait remarquable : « Cette plante est une rareté dans le département de l'Oise ». (Graves, ouvrage cité, p. 62).

Carum Bulbocastanum Koch.— En revanche, croît fréquemment aux environs : Compiègne, au pied des arbres près la porte d'entrée du Champ de Courses; propriété engrillagée au nord-ouest du terrain, de manœuvres (cavalerie); coteau herbeux incliné vers l'Aronde, au lieu dit le Vieux-Cimetière, commune de Montmartin (C. C. C.).

Palimbia Chabræi. DC. — Cf., § VII.

Viscum album L. — A signaler un parasitisme sur *Cratægus Oxyacantha*, au Fond Clairon, commune d'Arsy.

Galium silvestre Poll. — Peu commun : routes du Moulin et des Lorrains; le *G. uliginosum* L. au Vivier-Corax; le *G. tricorne* With abondant sous bois, à gauche, route de Soissons, avant le Cr d'Aumont. Plaine de Choisy-au-Bac.

Asperula cynanchica L.— Route du Moulin, près du carrefour de ce

nom. L'*A. odorata* L. est excessivement fréquent dans les parties ombragées et même les bas-fonds un peu humides.

Dipsacus pilosus L. — Bords du rû de Berne : à sa source; auprès d'un ancien moulin, au sud de Pierrefonds; Étangs de S^{t}-Pierre; autour du carrefour du Francport, et, ça et là, sur les berges.

Carlina vulgaris L. — Ganelon, face à Choisy; après le C^{r} du Moulin, carrières de Lachelle.

Cirsium eriophorum Scop. — Terrains vagues dont il a été parlé pour *Malva Alcea*; côteaux calcaires de Beaumanoir, Lachelle, Montmartin, etc.

Centaurea solstitialis. — Près de la briqueterie à Remy; n'y est pas spontanée.

Calendula arvensis L. — Plateau de Margny : à profusion; considéré comme mauvaise herbe.

Doronicum plantagineum L. — Route de Crépy, à la sortie de Compiègne; route de Pierrefonds, à gauche sous bois, près de l'intersection avec la route des Bordures.

Senecio silvaticus L. — Sables arides au nord de la Patinerie, avec *Hypochœris glabra* L. et *Gnaphalium gallicum* Huds.

Gnaphalium dioicum L. — Sommet du Ganelon.

Gnaphalium luteo-album L. — Au Vivier Corax.

Artemisia campestris L: — Rare; pentes du Ganelon.

Inula salicina L. — Bords d'un fossé longeant la voie ferrée, 100 m. avant la halte de Choisy; près du Rozoir. L'*I. britannica* L. existe à 150 mètres en amont du pont de Choisy, rive gauche de l'Aisne. L'*I. Pulicaria* L. manque à peu près.

Helminthia echioides Gærtn. — Cultures à Remy, Arsy, Francières, Clairoix; en amont de Beaumanoir, rive droite de l'Aronde.

Tragopogon major Jacq. — Près d'un grillage, au nord-ouest du champ de manœuvres (cavalerie) avec *Podospermum laciniatum* DC.

Lacluca perennis L. — Coteaux et champs calcaires.

Crepis pulchra L. — Coteau de Margny-les-Compiègne.

Leontodon hispidus L. — Peu commun; prairies humides; carrefour de la Michelette; autour de Pierrefonds.

Campanula glomerata L. — Sables au Buissonnet; route de Compiègne à Choisy.

Campanula persicæfolia L. — Autour de la Tête St Jean ; St Nicolas de Courson ; le Francport, etc.

Pyrola rotundifolia L. — Au nord du Ganelon (1910).

Pyrola minor L. — Dans un bois particulier entre Choisy et Plessis-Brion ; marais du Pré de Calabre, autour du Port-Caborne (1910).

Monotropa Hypopitys L. — Abonde dans toute la forêt.

Pinguicula vulgaris L. — Vallon tourbeux entre le rû de Vendy, Genancourt et la Chenoie ; fossés d'assainissement des prés du Rozoir.

Utricularia vulgaris L. — Marécages entre le poste forestier et les Chambres du Vivier-Corax (1910).

Primula elatior Jacq. — Dans toute la forêt marécageuse, avec *Samolus Valerandi* L. et *Allium ursinum* L.

Anagallis tenella L. — Sur la tourbe ; au vallon de Genancourt ; gorge du Han ; prés du Rozoir.

Lysimachia nemorum L. — Entre les carrefours de Gérardin et du Four d'en Haut, à environ 450 mètres du premier. Carrefours du Bel Orme, Eulalie, de la Garenne, etc.

Menyanthes trifoliata L. — Vallon de Genancourt ; prés humides autour de Vieux-Moulin.

Limnanthemum Nymphoides Hoffm et Link. — L'Oise, près la chocolaterie. Se trouvait en 1905 dans une mare au sud de l'usine des eaux.

Gentiana cruciata L. — Sables calcaires découverts : Beaux Monts, route tournante sur la Tête St Jean, Grands Monts, route des Lorrains, etc. Le *G. germanica* Wild. autour de la Chenoie ; quelques pieds isolés de *G. Pneumonanthe* L. dans la vallée inférieure du rû des Planchettes (1910).

Erythræa ramossissima Pers. — Surtout entre les Carrefours d'Aumont et du Francport.

Echinospermum Lappula Lehm. — Au bord d'un sautoir pour l'entraînement des chevaux, au sud-ouest du champ de manœuvres (cavalerie) ; n'avait jamais été indiqué à Compiègne.

Cynoglossum officinale L. — Commun sur les talus de la route du Francport ; route des Plaideurs, de Crépy ; auprès de Ste Périne ; Cr de la Michelette, etc. Pour le *C. montanum* Link, cf. § IV.

Hyoscyamus niger L. — Peut-être la détruit-on intentionnellement, 800 mètres en amont du Francport, rive gauche de l'Aisne.

Atropa Belladona L. — Lieux élevés et secs, dans les exploitations récentes des futaies, ordinairement par individus assez solitaires : routes tournantes du mont S^t^ Marc, des Grands-Monts, des Petits Monts, sur la Tête S^t^ Jean, la Fortelle, la Héronnière ; un individu très rameux dans le talus, à droite, avant le Carrefour des Princesses. Il y en a exceptionnellement une véritable forêt sur un coteau au sud-ouest de Vaudrempont (août 1910).

Datura Stramonium L. — Cuise-Lamotte : bords du Vendy, près du moulin à huile.

Verbascum nigrum L. — Vallée de l'Aronde, sur les coteaux calcaires découverts : Clairoix, Église de Lachelle, Beaumanoir, Montmartin, entre Hémévillers et la féculerie d'Arsonval.

Linaria striata DC. — Ch. au § VII.

Pedicularis sylvatica L. — Pelouses humides ; autour de la Bourdelotte ; entre les Carrefours d'Aumale et du Dormoi, etc.

Veronica spicata L. — Sables glauconieux : champ de Manœuvres ; routes des Lorrains, du Moulin, de Crépy, autour du Précipice, de Vieux-Moulin, etc. La var. *polystachya* Coss. et Germ. est souvent mêlée avec le type.

Veronica Teucrium L. — Manque, sauf dans la pelouse du Petit Parc ; la var. *prostrata* L. est, au contraire, très fréquente : Carrefours Bellicart, Amélie, Royallieu ; route des Bordages.

Veronica montana L. — Excessivement commune, aussi bien sur les coteaux que dans les parties basses, ombragées, mais non humides.

Melissa officinalis L. — Naturalisée dans les ruines de vieilles maisons, à S^t^ Nicolas de Courson.

Leonorus Cardiaca L. — Lisière sud-ouest du champ de manœuvres (cavalerie) ; route Eugénie, à la sortie de Vieux-Moulin ; la Bréviaire, près de la maison Perdu ; autour de Malassise ; C^r^ de S^t^ Jean-aux-Bois.

Stachys alpina L. — Le Four d'en Haut ; la Fontaine au Porcher ; carrières entre Lachelle et Beaumanoir (C. C.).

Lamium Galeobdolon Crantz. — Çà et là, assez rare ; de même pour le *L. hybridum* Villars.

Nepeta Cataria L. — « Espèce propre aux décombres dont l'indigénat paraît douteux » (Graves, p. 116). En 1909, près du Chenil Olry ; en 1910, à Francières.

Ajuga Chamæpilys Schreb.—Friches de la propriété C ément, au bois d'Haucourt; sud du champ de Manœuvres; 200-300 mètres avant le Carrefour du Francport, à gauche.

Teucrium Scordium L. — Clairière marécageuse plantée de peupliers, avant le Cr du Francport; sables humides entre les Crs des Lorrains, de la Malmaire et des Nœuds.

Globularia vulgaris L. — Mont Ganelon, non pas du côté de Janville, mais face à Clairoix (1910).

Rumex pulcher L. — Poste forestier de Ste-Périne, face à l'étang; devant le cloître, à l'église de St-Jean-aux-Bois.

Daphne Laureola L. — Coteaux boisés à l'est de Cuise-Lamotte et de la Parisis.

Euphorbia platyphyllos L. — Pentes nord-ouest du mont St-Marc, vers la route de Soissons.

Euphorbia stricta L. — Peu commune; enceinte de Berne; rû de Varin, entre les Crs Duvauchelle et des Sablons.

Euphorbia Esula L. — Sept à huit pieds entre le Cr Napoléon et le champ de manœuvres, sur le bord du chemin, ce qui est intéressant à un triple point de vue : 1° l'espèce n'avait jamais été indiquée dans l'Oise; 2° assez souvent les individus sont stériles (var. *androsæmifolia* Schousb.); 3° la plante pousse sur un terrain semi argileux, toujours à sec l'été; or la station habituelle est : berges, bords des eaux.

Ornithogalum pyrenaicum L. — Localisé au N.-O. du Cr du Francport. L'*O. umbellatum* L. croît dans les avenues, près du Rond Royal.

Polygonatum vulgare L. — Autour de la Faisanderie; Cr Elisabeth; route de la Tilloye, etc.

Maianthemum bifolium D. C. — Çà et là sur les Beaux Monts et le Précipice.

Iris fœtidissima L. — Marcilly, après Graves, l'avait considéré comme disparu de l'enceinte du Berne; se maintient pourtant près du Cr du Francport.

Orchis purpurea Huds. — Principalement entre les carrefours de Joinville et de la Bouverie, où il est très élevé.

Orchis militaris L. — Commun sur toutes les pelouses, avec *O. latifolia* L., *O. maculata* L. ; *O. bifolia* L.; *O. montana* Schmid. L'*O. laxiflora* Lam. à l'ancienne gravière de la route de Soissons;

l'*O. mascula* L. autour de Rethondes et aux près du Rozoir.

Loroglossum hircinum Rich. — Le Ganelon, face à Choisy.

Ophrys aranifera Huds. — Bosquets du Ganelon, avec *O. muscifera* Huds. et *O. apifera* Huds. L'*O. muscifera* existe aussi à Cuise-Lamotte; l'*O. apifera* aux coteaux de Margny, avec *O. arachnites* Huds.

Cephalanthera ensifolia Rich. — Lisière de la forêt, sur la crête N. du plateau de Champlieu (juillet 1910).

Cephalanthera grandiflora Babingt. — Dans une partie boisée comprise entre la route du Puits du Roi et le Champ de Manœuvres.

Cephalanthera rubra Rich. — Mont St-Marc : autour du carrefour du Geai, et sur une butte auprès du carrefour des Nonnes.

Neottia Nidus-avis Rich. — Très commune.

Limodorum abortivum Sw. — Même station que *Cephalanthera grandiflora*; Mont Ganelon, face à Coudun.

Potamogeton gramineus L. — L'Oise, devant Compiègne.

Potamogeton plantagineus Ducros. — Fossés herbeux demi-stagnants près du Cr de l'Embrassade.

Potamogeton densus L.— Rû de Berne, entre Pierrefonds et Batigny; l'Aronde, auprès du moulin de Beaumanoir.

Zannichellia palustris L. — Près du pont de la route de Paris, sur le rû des Planchettes, dans des flaques d'eau au milieu de *Chara*.

Cyperus fuscus L. — Marécages à Beaumanoir.

Schœnus nigricans L. — Sur la tourbe à Genancourt, avec *Eriophorum latifolium* Hoppe.

Cladium Mariscus R. Br. — Prés du Rozoir avec aussi *Eriophorum latifolium*.

Scirpus fluitans L. — Découvert à Beaumanoir, sur les bords d'un ruisselet parallèle à l'Aronde et qui lui sert de décharge, avant le moulin hydraulique. N'avait jamais été signalé.

Scirpus pauciflorus Light. — Trouvé en 1910, sur le fond sablo-tourbeux des fossés d'assainissement des prés du Rozoir; n'y est pas très répandu; végète au milieu de 5-6 cm. d'eau courante.

Scirpus setaceus L. — Sables humides de la forêt : carrefour du Bout-de-Jaux; Route de Champlieu; environs du carrefour du Maupas; entre ceux de Bourbon et du Longpont, etc.

Scirpus ovatus Roth. — Marais demi-tourbeux bordant l'Aronde, à gauche, entre Clairoix et Bienville.

Carex disticha Huds. — Peu commun : près du Rozoir.
Carex Schreiberi Schrank. — Talus de la route de Pierrefonds.
Carex arenaria L. et *var. Reichenbachi* Ed. Bonn. — Cf. § II.
Carex remota. — Bords des ruisseaux de la forêt.
Carex vulgaris L. — Berges de l'Oise, devant Compiègne.
Carex maxima L. — Très répandu : rû de la Michelette, entre les Crs du Hibou et des Satyres; confluent du Grand Rû et du Rû aux Feuilles ; Pont des Planchettes, 80 m. avant Vaudrempont; entre l'Hermite et le Cr de la Michelette; entre le Bocage et Vaudrempont; les Crs des Amoureux et la route de Crépy; l'Hermite et Bourbon etc., etc.
Carex ampullacea Good. — Autour des Etangs de St-Pierre.
Carex depauperata Good. — Très commun en 1910; sous bois, le long de la route de Crépy; route de Soissons, près l'Hm. 864; route des Lorrains, 50 m. après le Cr Mercières, etc.
Digitaria filiformis Kœl. — Autour de la Bréviaire, entre le Cr du Fort-Poirier et celui de la Héronnière; allées sableuses, parallèles à la voie ferrée, entre la gare de Vieux-Moulin et la route de Soissons.
Avena fatua L. — Relativement fréquent dans les chemins, au milieu des champs.
Bromus giganteus L. — Entre le Cr de Ste Périne et la route de Morienval.
Melica nutans L. — Assez commun, mais généralement par individus isolés : route tournante du Parc, route des Lorrains, Royallieu, etc.
Scolopendrium officinale Sm. — Autour de St-Nicolas de Courson; dans l'égout au milieu de la petite cour, devant le cloître, à St-Jean-aux-Bois.
Polypodium Dryopteris L. — Abondant principalement sur toutes les pentes à droite et à gauche de l'avenue des Beaux-Monts, mélangé au sommet avec *Blechnum Spicant* Roth.
Aspidium aculeatum, var. *angulare* Wild. — Le long de la route qui monte en zig-zag au Four-d'en-Haut, au deuxième tournant; se trouve avec quelques pieds de *Stachys alpina.*
Ophioglossum vulgatum L. — Autrefois aux gravières de Margny. — Dans des marécages, près de Trosly-Breuil, 500 m. après le Pont du Berne (1910).

Botrychium Lunaria Sw. — Sur la pelouse, au S.-E. du champ de manœuvres. Entre le Cr des Chambres du Vivier Corax et celui du Marché-Dupuits, sur le sable (1910).

***

Après l'exposé de ces résultats, il sera plus facile de conclure.

Graves, essayant de situer comparativement la végétation de l'Oise, par rapport à celle des régions environnantes, écrivait à ce sujet : « La flore de l'Oise, intermédiaire à la Picardie proprement » dite et au Parisis offre plus d'analogie avec la végétation des » environs de Paris, qu'avec celle du département de la Somme. » Le motif de cette affinité est surtout dans la continuité sur l'Oise » des terrains tertiaires du bassin de Paris, comprenant des couches » sableuses, couvertes d'espèces spéciales variées que le sol presque » tout crétacé de la Somme ne peut élever ou conserver. Mais on n'y » trouve pas les espèces caractéristiques des forêts de Fontainebleau » et de Rambouillet, qui ont fourni un si riche contingent aux » floristes parisiens.

Ces deux remarques successives sont également justes ; mais c'est surtout la seconde qu'il nous faut retenir. Outre des terrains de nature géologique différente, une vallée largement tourbeuse et certaines espèces maritimes impriment en effet à la végétation du département de la Somme un aspect tout différent de celle de l'Oise, et de la forêt de Compiègne en particulier ; mais Graves a eu le grand tort d'oublier d'établir la comparaison avec le département de l'Aisne et l'Est de la France. Des espèces comme *Impatiens Noli-Tangere*, *Carex maxima*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Dipsacus pilosus* semblent témoigner d'affinités plutôt septentrionales. Si on peut rencontrer ces plantes dans le centre et même quelquefois le Midi de la France, on les trouve toujours dans des vallées froides, à d'assez fortes altitudes. Jamais on n'y remarquera les *Balsamines*, les *Chrysosplenium*, les *Pyrola minor*, etc., à 45 m. seulement au-dessus du niveau de la mer, comme le fait se produit à Compiègne. Or, si Graves avait étudié la flore de l'Aisne, s'il avait seulement parcouru les ouvrages de Breyer, de De La Fons, il aurait dû certainement ajouter à ses conclusions que la végétation des environs de Compiègne a aussi certaines affinités avec celle du N.-E. de la France.

***

En terminant ce travail, qu'il me soit permis de remercier tous ceux qui, à un titre quelconque, ont contribué à sa génèse. MM. Drouelle et Lombard, Lecomte, Danguy, Jeanpert, Camus, du Museum, en l'agréable compagnie desquels j'ai pu faire, l'été dernier, ample connaissance avec la flore des environs immédiats de Paris; M. G. Bonnier, mon maître, pour ses bienveillants conseils; MM. Dubard et Matruchot, pour la sympathie qu'ils m'ont toujours témoignée.

Un tel résumé n'est certes pas parfait sous bien des rapports; je n'ai jamais eu la prétention d'avoir tout découvert en forêt de Compiègne; c'est pourquoi j'invite les autres à y venir nombreux. Il aurait été intéressant aussi d'étendre la question aux Muscinées et aux Thallophytes; de relater leurs conditions de vie si diverses, leur localisation, etc.... Ce travail n'est donc que la première partie d'un autre plus important qui viendra peut-être un jour.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

FLORA BATAVA **afbeelding en beschrijving van nederlandsche Gewassen,** aangevangen door wijlen Jan KOPS voortgezet door wijlen F. W. Van EEDEN en onder redactie van L. VUYCK [livraisons 357-358 (1908), 359 (1909), 360-363 (1910)] *(Martinus Nijhoff,* édit., Nobelstraat 18 'S Gravenhage).

Cette grande publication, qui se publie régulièrement a pour but de faire connaître toutes les plantes de Hollande. Les espèces y sont décrites en latin, en français et en hollandais; chaque description est accompagnée d'une planche in-quarto où l'espèce est dessinée d'après nature et coloriée à la main.

Les espèces figurées dans les dernières livraisons sont : *Rubus plicatus* W.e.N., *Rubus Sprengelii* W., *R. suberectus* Anders., *R. vestitus* Wh. et N., *R. saltuum* Focke, *R. villicaulis* Koehler, *R. nemorosus* Hayne, *Barkhausia setosa* Hall. f., *Gypsophila muralis* L., *Morchella rimosipes* Fr., *Pulmonaria longifolia* Bor., *Salix daphnoides* Vill., *Salix acutifolia* Willd., *Trifolium agrarium* L., *Paxillus griseotomentosus* Fr., *Taphrina rhizophora* Johans., *Specularia hybrida* DC., *Cornus suecica* L., *Amanita junquillea* Quel., *Craterellus cornucopioides* (L.) Pers., *Taphrina Johansonii* Sad., *Plantago Cynops* L., *Scirpus Duvalii* Hoppe, *Cortinarius (Inoloma) Pholideus* Fr., *Clitocybe connata* Schum., *Cirsium arvense* Scop. var. *setosum* M. B., *Rumex salicifolius* Weinm., *Medicago falcata* var. *tenuifoliolata* Vuyck, *Clitocybe metachroa* Fr., *Boletopsis cavipes* (Opat) P. Henn., *Salix purpurea* × *repens*, *Alopecurus fulvus* Sm., *Polystictus radiatus* Sow. Fr. *Tricholoma personatum* Fr.

Les descriptions sont brèves, claires, et suivies des indications des localités des Pays-Bas. Les planches se recommandent par leur finesse, l'exactitude de leur coloris; on y trouve non seulement les espèces entières, mais les analyses détaillées des divers organes.

***

GRIFFON et MAUBLANC.— **Sur une maladie des perches du Châtaignier** *(Bulletin de la Soc. Mycologique de France,* t. XXVI, p. 371-322, planches XVII à XIX, 1910).

Peu de questions présentent plus d'intérêt en pathologie végétale que celle de la maladie du Châtaignier, et cela à un double point de

vue; il s'agit d'un véritable fléau qui fait chaque année des ravages sérieux dans les plantations de cette essence si précieuse au point de vue de l'alimentation dans les contrées pauvres particulièrement ; ce fléau marche de pair avec l'action de l'homme lui-même, qui dévaste plus sûrement encore un pays de châtaigniers lorsqu'il vient y installer ses usines pour la fabrication de l'extrait destiné au tanage (1); une autre raison de l'intérêt de la question, c'est précisément la difficulté que présente son étude; depuis plus de trente ans, on recherche la cause de la maladie du châtaignier; les mycologues les plus autorisés se sont mis au travail et une solution nette n'est point encore donnée; le nom de « maladie de l'encre » qui lui a été attribuée, pourrait donner lieu à un jeu de mots facile en disant qu'elle en a fait couler beaucoup. Cette dénomination, un peu bizarre, résulte du noircissement qui affecte généralement les racines tandis que l'arbre dépérit.

Pour certains auteurs, il s'agit donc d'une altération des racines; mais des travaux plus récents tendent à démontrer que le mal serait dû à un champignon se développant sur les parties aériennes du végétal, d'où il gagnerait les parties souterraines : c'est l'opinion de MM. Briosi et Farnetti, qui concluent au développement « centrifuge » du parasite.

MM. Griffon et Maublanc ont repris à leur tour l'étude de la maladie du châtaignier sur des échantillons provenant du Limousin; ils ont constaté, comme les auteurs italiens, l'existence d'un parasite sur les rameaux; ils démontrent qu'il s'agit de la même espèce et en précisent les caractères. Mais, avec une prudence toute scientifique, ils ne se prononcent pas sur la question de savoir si la maladie des branches est bien la même que celle de « l'encre » des racines. Il reste donc encore à élucider si ce que l'on appelle communément « maladie des châtaigniers » constitue bien une seule maladie, ou deux ou plusieurs. Il va sans dire qu'il ne s'agit ici ni du Javart *(Diplodina Castaneæ)* qui provoque sur les rejets de véritables chancres bien caractérisés, ni du *Sphærella maculiformis* qui tache les feuilles d'innombrables macules brunâtres.

MM. Griffon et Maublanc ont cependant fait connaître à la Société Nationale d'Agriculture (14 déc. 1910) leur intention d'essayer de résoudre la question par la comparaison des cultures que pourront donner, d'une part, le mycélium tiré des racines et, d'autre part, celles qui résulteront de l'ensemencement des spores des appareils fructifères apparaissant sur les perches de châtaignier.

On ne peut, enfin, parler aujourd'hui de la maladie du châtaignier

(1) Il y a en France 40 usines qui peuvent, pour la plupart, traiter 100 à 150 tonnes par jour: aussi la Corse a-t-elle perdu, de ce fait, plus de 5000 hectares, la Corrèze plus de 3000 et 260 annuellement, sans parler des autres départements qui subissent un déboisement proportionnel.

sans se demander si elle n'a pas quelque rapport avec le terrible fléau signalé récemment sur cette essence en Amérique, causée par le *Diaporthe parasitica* (Sphériacées) dont M. HENRY a fait connaître en France la gravité. M. GRIFFON, n'ayant pas étudié particulièrement à côté de la question, ne se prononce pas catégoriquement, mais il dit, toutefois, « c'est surtout de l'affection américaine, produite par le *Diaporthe parasitica*, qu'il faut rapprocher la mort des perches de châtaigniers dans le Limousin ».

Il est donc opportun de rappeler l'importance de ce parasite : « Le nord-est des Etats-Unis est en ce moment le théâtre d'une invasion d'un champignon forestier qui, par la rapidité de sa propagation et l'intensité de ses dégâts, dépasse, croyons-nous, tout ce qui a été signalé jusqu'ici. » (HENRY).

En 1905, la maladie s'était propagée déjà sur une surface considérable autour de la ville de New-York, où elle paraît avoir pris naissance. De là, elle s'est étendue rapidement vers le nord et vers le sud, si bien qu'en 1908, il y avait huit États plus ou moins contaminés. Dans un parc de Brooklyn (New-York), on a dû abattre 1.400 arbres, et dans un autre parc de cette grande cité, il existe 4.000 châtaigniers dont l'existence est compromise. Le dommage causé s'élève, d'après l'enquête locale, à vingt millions de francs au moins ! Répétons, à ce sujet, qu'il n'est pas démontré qu'il y ait communauté d'origine entre la maladie d'Amérique et la maladie d'Europe: les études manquent à ce sujet. Revenons donc aux recherches poursuivies sur notre continent. MM. GRIFFON et MAUBLANC en font un résumé critique et nous ne pourrions mieux faire que de le citer :

« D'après GIBELLI (1876), la maladie serait due à l'épuisement du sol et, d'après PLANCHON (1878), il faudrait incriminer le parasitisme de l'*Agaricus melleus*; suivant de SEYNES, le parasite serait le *Torula exitiosa* que GIBELLI rattacha (1883) au *Diplodia Castaneæ* Sacc. dont on voit quelquefois les périthèces dans les couches subérisées de la racine. CORNU fait intervenir l'action nuisible des grands froids, d'autres auteurs l'adaptation incomplète du Châtaignier (FABRE), la mauvaise culture qu'il subit (NAUDIN, HENRY, etc.)

Selon CRIÉ, il s'agit dans l'encre, d'un flux bactériomycotique dont le botaniste rennais n'a jamais bien précisé la nature ni le rôle. PRUNET affirme que la maladie est cryptogamique et a son siège dans les plus fines radicelles, mais il n'a pas isolé ni déterminé le microorganisme parasite. Pour MANGIN, ce dernier est un Oomycète, le *Mycelophagus Castaneæ*, qui détruirait le Champignon des mycorhizes, alors que, selon DELACROIX, celui-ci serait dévié de son rôle et attaquerait, à cause de l'appauvrissement du sol en humus, les radicelles qui l'hébergent normalement, transformant ainsi la symbiose mycorhizienne en une action parasitaire. Pour DUCOMET (1909), le mal paraîtrait résulter de cinq causes qui se réduisent à trois dont l'une se rapproche de celle

invoquée par DELACROIX et dont les deux autres ont trait au parasitisme d'une Chytridinée et de Bactéries; mais, de l'avis de l'auteur, ce ne sont là que des hypothèses, comme d'ailleurs celles de PESTANA (1907) auxquelles elles ressemblent, l'action d'une Chytridinée mise à part. »

En somme, malgré la notoriété des savants qui se sont appliqués à résoudre la question, on n'a pas la preuve que les causes mises en avant soient bien celles qui engendrent la maladie de l'encre. Les divergences signalées prouvent simplement la complexité et la difficulté de la question et montrent la nécessité d'en continuer l'étude.

MM. BRIOSI et FARNETTI sont tout récemment arrivés à cette conclusion que la « maladie de l'encre » est due à un champignon parasite des parties aériennes de l'arbre; il s'agit d'une Sphæriacée « le *Melanconis perniciosa* » qui, comme nous le disons plus haut, arrive à produire l'altération des racines en se transmettant des parties aériennes aux parties souterraines.

M. GRIFFON a reconnu que la maladie des perches, reçues par lui du Limousin, résulte de la même cause que celle observée en Toscane et d'autres parties de l'Italie par les deux savants cités plus haut. Il a fait une étude détaillée des caractères et du polymorphisme du parasite. Il lui attribue le nom de *Melanconis modonia* (TULASNE) en vertu de la règle de priorité. Ce champignon avait été vu, en effet, et décrit par TULASNE en France et retrouvé plus tard par FUCKEL dans les provinces rhénanes. La forme périthèce est une sphæriacée à long col complètement incluse dans les tissus, tandis que le col se fait jour jusqu'à l'extérieur au travers du stroma; les asques, entremêlées de paraphyses, renferment huit spores oblongues divisées par des cloisons en deux et arrement en trois compartiments, elles mesurent 30-40 μ + 10 à 13 μ.

Avec la forme périthèce, le champignon produit encore une forme conidienne que MM. GRIFFON et MAUBLANC attribuent au genre *Coryneum* et à la forme spéciale *Coryneum modonium* (Tul., Fuck,Sacc.) Nob. Le *Coryneum* est constitué par un stroma étalé sous le suber et produisant des filaments dressés, serrés, assez courts qui se terminent par une conidie allongée pluricellulaire brune, à membrane épaisse: il se produit donc sous le suber éclaté un conceptacle dont le fond est tapissé par le stroma fructifié, disciforme: généralement une surélévation du stroma, dans sa région médiane, vient diviser la cavité.

La grosse question au point de vue pratique, est celle du traitement, mais on conçoit qu'étant mal fixé sur la véritable cause de la maladie de l'encre, on le soit plus mal encore sur le remède à appliquer. Si c'est le *Coryneum* qui produit l'encre (et de fait, M. GRIFFON en a trouvé les fructifications sur des racines de châtaigniers malades), le remède « serait peut-être en partie trouvé »; en effet, la lutte contre des parasites analogues est de la pratique courante de l'Agriculture:

mais, si la maladie débute par les mycorhizes, comme l'admettent la plupart des auteurs, on ne voit plus bien par quel procédé se défendre. De tous les moyens préconisés, seul le greffage des variétés indigènes sur des Chênes ou Châtaigniers européens ou exotiques (se méfier de ceux de l'Est des Etats-Unis suspects de *Diaporthe*) paraît devoir être pratiqué et efficace. On est en droit de fonder bon espoir sur cette méthode du greffage qui a donné de si bons résultats pour la reconstitution du vignoble. Mais il faudra encore de longues années avant que les expériences entreprises à ce sujet, principalement par M. PRUNET, aient donné des résultats.

J. BEAUVERIE (Lyon).

G. TANRET. — **Sur les sucres de l'Asperge** *(Bulletin de la Société chimique de France)* 4e série, t. V-VI, nos 16-17, 1909).

L'auteur a mis en évidence, dans les organes souterrains de l'asperge, à côté du saccharose et du sucre interverti, l'existence de deux hydrates de carbone nouveaux auxquels il donne les noms d'asparagose et de pseudo-asparagose. Il indique les méthodes permettant d'isoler ces deux corps. L'asparagose répond à la formule $(C^6\ H^{10}\ O^5)^n\ H^2O$; *n* y est égal à 15 ou à 16; le pseudo-asparagose a sensiblement la même formule. L'étude détaillée de ces deux sucres montre qu'ils se rapprochent de l'inuline par leur pouvoir rotatoire lévogyre, leur pouvoir réducteur nul, leur poids moléculaire élevé, l'existence dans leurs produits d'hydrolyse d'une certaine quantité de lévulose et d'une quantité moindre de glucose; ils en diffèrent par la possibilité d'être hydrolysés par l'invertine.

L'analyse des racines d'asperges, faite en février et en juillet, celle des turions, et celle des baies, ont montré que l'asparagose et le pseudo-asparagose sont, comme l'inuline, des hydrates de carbone de réserve.

R. COMBES.

G. BERTRAND et Arthur COMPTON. — **Recherches sur l'individualité de la cellase et de l'émulsine** *(Comptes rendus de la Société chimique de France*, 4e série, t. VII-VIII, no 22, 1910, p. 995-998).

G. BERTRAND et HOLDERER ont signalé la présence d'une nouvelle diastase, la cellase, dans plusieurs espèces végétales. Cette diastase est caractérisée par le fait qu'elle hydrolyse le cellose, saccharide réducteur dont les rapports avec la cellulose sont les mêmes que ceux qui existent entre le maltose et l'amidon. Il a été démontré que la cellase est différente de la maltase, de la sucrase, de la tréhalase et de la plupart des diastases analogues. Il a été plus difficile d'établir une différence bien nette entre la cellase et l'émulsine, car on n'a pu obtenir de préparations diastasiques agissant exclusivement sur le cellose ou sur l'amygdaline.

Les auteurs ont repris cette question en recherchant quelle était l'action exercée, d'une part sur le cellose, et, d'autre part, sur l'amygdaline, de liqueurs diastasiques extraites de substances végétales diverses.

Si la cellase était identique à l'émulsine, le rapport de l'action sur le cellose et de celle sur l'amygdaline devrait être le même pour tous les liquides. Or, il a été constaté que ce rapport varie, au contraire, dans de larges limites suivant les liquides auxquels on s'adresse. Les liquides diastasiques avec lesquels ont été faites les expériences avaient été extraits : d'amandes, d'abricots, d'amandes douces, de graines de maïs, de son de froment. Il a été constaté, par exemple, que le liquide diastasique extrait des amandes douces est 82 fois plus actif sur l'amygdaline que sur le cellose, tandis qu'au contraire celui qui est obtenu du son de froment agit plus activement sur le cellose que sur l'amygdaline.

Il résulte de ces recherches que la cellase et l'émulsine sont deux diastases bien différentes, et, d'autre part, que ces diastases s'accompagnent en proportions variables suivant les plantes.

R. COMBES.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

On annonce la mort prématurée de M. Noël BERNARD, professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, bien connu par ses travaux sur les endophytes des Orchidées.

***

M. FISCHER, professeur de Botanique à Berne, vient d'être nommé Recteur de l'Université.

***

M. Henri CHERMEZON a soutenu, le 19 janvier 1911, devant la Faculté des Sciences de Paris, une thèse de Doctorat ès sciences intitulée : *Recherches anatomiques sur les plantes littorales.*

***

M. H. COLIN a soutenu devant la même Faculté, le 26 janvier 1911, une thèse de Doctorat ès sciences intitulée : *Hydrolyse de quelques polysaccharides par le Botrytis cinerea.*

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. PIETERS.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-TROISIÈME

Livraison du 15 Mars 1911

N° 267

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1911

LIVRAISON DU 15 MARS 1911

I. — APERÇU SUR L'EVOLUTION NUCLÉAIRE DES ASCOMYCÈTES ET NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LES MITOSES DES ASQUES (avec planches et figures dans le texte), par **M. A. Guilliermond** 89

II. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES 121

H. Colin. — Hydrolyse de quelques polysaccharides par le *Botrytis cinerea*.

Molliard M. et Gatin C. — L. — Utilisation de la xylane par le *Xylaria hypoxylon*.

Hans Molisch. — Die Eisenbakterien.

Karel Sulc. — Pseudovitellius und ähnliche gewebe der Homopteren sind Wohnstätten symbiotischer Saccharomyceten.

U. Pierantoni. — Ulteriori osservazioni sulla simbiosi erediteria degli omotteri.

G. André. — Étude chimique du développement d'une plante bulbeuse. I. Variations du poids de la matière sèche. II. Variations des poids de l'azote et des matières minérales.

III. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 128

Cette livraison renferme en outre quarante figures dans le texte.

Planches contenues dans cette livraison :

Planche 4. — *Galactinia succosa*.
Planche 5. — *Galactinia succosa* et *Humaria rutilans*.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement 1, rue Dante, Paris (V^e^).

APERÇU SUR L'ÉVOLUTION NUCLÉAIRE DES ASCOMYCÈTES

ET

Nouvelles Observations sur les mitoses des asques

par M. A. GUILLIERMOND

I. — ÉTAT DE LA QUESTION

La question de l'évolution nucléaire et des mitoses de l'asque chez les Ascomycètes a donné prise, dans ces dernières années, à de nombreuses controverses. La petitesse des figures de ces mitoses rend, en effet, cette étude des plus délicates. Rappelons ici les diverses opinions qui partagent les auteurs.

Maire (1) (1905) a étudié les mitoses de l'asque dans un certain nombre d'espèces. Il décrit dans *Galactinia succosa*, les processus suivants : la première mitose est précédée d'un stade synapsis qui semble témoigner d'une réduction numérique des chromosomes. A la fin du synapsis, la chromatine se détache du peloton pour constituer des protochromosomes en nombre variable, qui, d'après, l'auteur, correspondent aux gamosomes de Strasburger. Ceux-ci se soudent en 4 chromosomes définitifs, à la plaque équatoriale, puis subissent deux scissions longitudinales dont la première s'effectue sur la plaque équatoriale et aboutit à la séparation de 8 chromosomes fils. La seconde, qui s'opère à l'anaphase, est généralement complète, mais elle peut cependant rester inachevée : en ce cas les chromosomes fils qui en résultent restent souvent réunis l'un à l'autre par l'une de leurs extrémités, formant ainsi des chromosomes en V dont chaque branche représente un chromosome fils. A la suite de cette seconde division, on constate donc à chaque plaque polaire un

Fig. 1. — *Schéma de l'évolution nucléaire Galactinia succosa* (d'après l'interprétation de Maire). Le nombre des chromosomes (dans ce schéma comme dans les suivants, a été réduit à 2 pour la simplicité du schéma). 1, karyogamie de l'asque ; *a*, noyaux de l'asque ; *b*, noyau copulé résultant de la karyogamie (fin du synapsis avec protochromosomes); 2, mitose hétérotypique ; *c*, fusion des protochromosomes en deux chromosomes définitifs (réduction numérique) ; *d*, première fissuration longitudinale des chromosomes ; *e*, anaphase ; *f*, deuxième fissuration longitudinale des chromosomes (réduction quantitative) ; 3, mitose homotypique ; *g*, noyaux de la première mitose avec 4 protochromosomes; *h*, fusion des protochromosomes deux à deux ; *i*, fissuration longitudinale des chromosomes ; *j*, anaphase ; *k*, noyaux de la mitose ; *l*, troisième mitose ; *m*, noyaux des ascospores.

nombre de chromosomes voisin de 8, mais qui peut varier entre 4 et 8, suivant que les deux branches des chromosomes pères se sont séparées ou non.

A la seconde mitose, 8 protochromosomes correspondant aux 8 chromosomes formés à chaque pôle à l'anaphase de la mitose précédente réapparaissent au début de la prophase; mais ils se soudent bientôt à la plaque équatoriale en 4 chromosomes; ceux-ci se dédoublent de nouveau à la métaphase, et les 8 chromosomes qui en résultent se répartissent entre les deux pôles pour y former deux plaques polaires de 4 chromosomes. Dans cette seconde mitose, le partage des chromosomes ne serait donc que l'achèvement du partage commencé à l'anaphase de la première mitose.

A la troisième mitose, les chromosomes apparaissent directement au nombre de 4 à la prophase et se divisent chacun de manière à fournir 4 chromosomes fils à chaque pôle.

Maire considère ces mitoses comme comparables aux mitoses sexuelles des Phanérogames. La première mitose est, en effet, précédée d'un stade synapsis dans lequel paraît s'effectuer une réduction numérique des chromosomes, diminuant de moitié le nombre des chromosomes doublé par la karyogamie de l'asque. Le stade se termine par une phase dans laquelle le peloton chromatique se fragmente en un nombre variable de protochromosomes

assimilables aux gamosomes de Strasburger, qui se fusionnent ensuite en 4 chromosomes définitifs, ce qui semble indiquer que la réduction numérique des chromosomes est accompagnée d'une réduction qualitative. Enfin, les chromosomes subissent, dans la première mitose, deux partages successifs dont l'un, incomplet, s'achève à la seconde mitose. Par suite de ces deux divisions successives des chromosomes à la première mitose, la réduction quantitative nécessitée par la fusion nucléaire de l'asque se trouve assurée. La première mitose serait donc une division hétérotypique, la seconde serait homotypique et la troisième typique.

Dans *Pustularia vesiculosa*, Maire constate le même nombre de chromosomes et observe les mêmes processus, sauf que la troisième mitose est une mitose intermédiaire entre la mitose typique et la mitose homotypique : elle est précédée de la formation de 8 protochromosomes.

Les résultats que nous (2) avons obtenus (1904-1905) sur les mitoses des asques dans un certain nombre d'Ascomycétes, notamment dans *Humaria rutilans*, *Peziza Catinus* et *Pustularia vesiculosa*, sont nettement différents de ceux obtenus par Maire.

Dans les deux premières espèces, les chromosomes sont très gros et nous ont permis de suivre dans le détail les divers processus de ces mitoses. La prophase de la première mitose débute par des stades pendant lesquels le peloton chromatique semble subir une fissuration longitudinale qui disparaît ensuite. Bientôt après, le peloton chromatique se ramasse sur un côté du noyau et donne lieu à un stade synapsis.

Dans *H. rutilans*, le peloton chromatique se résoud ensuite en 16 chromosomes qui présentent généralement la forme de V, à branches très courtes; les deux branches de ces chromosomes paraissent résulter de la réapparition de la fissuration du peloton chromatique commencée au début de la prophase et disparue momentanément pendant la contraction de ce dernier au synapsis. Cette fissuration étant incomplète aurait donné des chromosomes doubles, soudés par l'une de leurs extrémités et formant ainsi des V. Ces chromosomes se placent bientôt au milieu du fuseau achromatique et y forment la plaque équatoriale.

A la métaphase, les 16 chromosomes en forme de V subissent une division longitudinale produisant bientôt des figures en losanges

qui finissent par se couper par le milieu, en deux V, qui se dirigent chacun vers un pôle.

A la prophase de la seconde mitose, les chromosomes en V réapparaissent et semblent achever le premier partage commencé au synapsis de la première mitose : leurs deux branches paraissent simplement se séparer pour donner les deux chromosomes qui vont se placer chacun à un pôle.

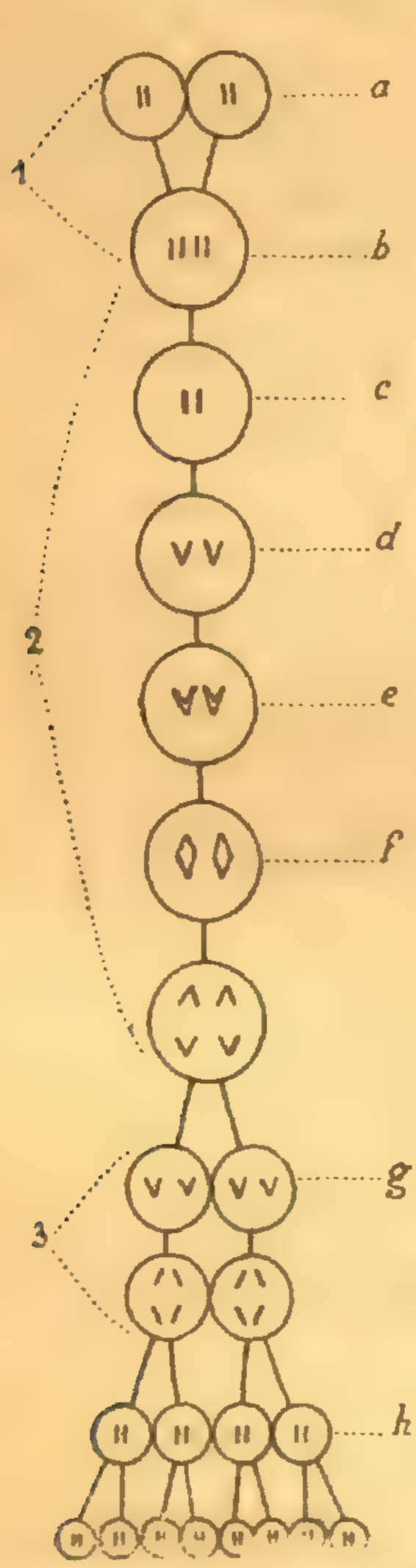


Fig. 2. — ***Schéma d'Humaria rutilans*** (d'après notre première interprétation). 1, karyogamie de l'asque ; *a*, noyaux de l'asque ; *b*, noyau résultant de la karyogamie ; 2, mitose hétérotypique ; *c*, synapsis, fusion des chromosomes deux à deux (réduction numérique) ; *d*, première fissuration longitudinales des chromosomes ; *e*, deuxième fissuration ; 3, deuxième mitose (homotypique) ; *g*, achèvement de la première fissuration des chromosomes (réduction quantitative) ; *h*, troisième mitose.

La troisième mitose est difficile à suivre, parce que les chromosomes sont très allongés et enchevêtrés les uns dans les autres. Néanmoins, les chromosomes offrent la forme de V à branches très allongées et semblent se diviser longitudinalement. Le nombre des chromosomes reste de 16 au cours des trois mitoses successives.

Dans *P. Calinus*, on constate le même nombre de chromosomes et les mêmes processus, mais au début de la prophase, le peloton chromatique se tronçonne en 16 chromosomes, qui, au lieu de prendre l'aspect de V comme dans *H. rutilans*, apparaissent comme des boucles en forme de 8 ou en 0. Chacun de ces chromosomes semble donc constitué de deux chromosomes fissurés longitudinalement et dont les deux extrémités resteraient soudées l'une à l'autre. Nous avons admis, comme pour l'*H. rutilans*, que cette fissuration n'était que la continuation de celle qui apparaît dans le peloton chromatiqne au début de la prophase. A la plaque équatoriale, les branches de ces boucles se séparent à l'une de leurs extrémités, ce qui donne des chromosomes en V ou en U : ceux-ci paraissent subir à la méta-

phase un dédoublement longitudinal et produisent des figures en losange ou en 0, qui bientôt se coupent par le milieu pour donner deux chromosomes fils en V ou en U. Ces chromosomes se répartissent ensuite entre les deux pôles où ils forment deux plaques de 16 chromosomes en V.

A la plaque équatoriale de la seconde mitose, 16 chromosomes en V réapparaissent et au cours de la métaphase les deux branches de chacun de ces V semblent se séparer à l'endroit où elles sont soudées pour former deux chromosomes fils qui se dirigent chacun vers un pôle. A l'anaphase, on constate à chaque plaque polaire, 16 chromosomes. Dans la troisième mitose, on retrouve également ce même nombre à la plaque équatoriale et à l'anaphase.

Nous avons donc conclu, comme Maire, que ces mitoses semblent pouvoir être considérées comme des mitoses sexuelles : la première de ces mitoses est, en effet, précédée d'un stade synapsis, très nettement caractérisé, et présente un double partage des chromosomes dont l'un reste incomplet et ne s'achève qu'à la seconde mitose. La première mitose serait donc hétérotypique, la seconde homotypique et la troisième typique. Ce processus consistant en une double division longitudinale préparée dans la première mitose et achevée dans la seconde sans période intercalaire de nutrition, aboutirait à une réduction quantitative de la chromatine, mais non à une réduction qualitative dans le sens de Weismann.

La différence entre nos résultats et ceux de Maire consiste donc en l'absence de protochromosomes au début de la première et de la seconde mitose, et dans le fait que dans la première mitose, le second partage des chromosomes reste toujours incomplet. De la sorte, le nombre des chromosomes est toujours constant à l'anaphase des trois mitoses successives.

Dans *Pustularia vesiculosa*, les phénomènes paraissent les mêmes, mais le nombre des chromosomes est de 8. Les mitoses offrent bien des stades synapsis, mais beaucoup moins caractérisés. On ne constate pas de formation de protochromosomes au début de la première mitose et les chromosomes apparaissent directement au nombre de 8. Ceux-ci sont tellement petits qu'il n'est pas possible d'observer leur mode de partage, mais on peut affirmer, contrairement à l'opinion de Maire, que leur nombre est de 8 et non de 4, et qu'il reste le même pendant les trois mitoses successives.

Ces résultats ont été confirmés par les recherches plus récentes de Harper (3) (1905) qui a obtenu des résultats analogues dans *Phyllactinia Corylea*. Dans cette espèce, l'auteur est parvenu à suivre une partie de l'évolution nucléaire. D'après cet auteur, les deux noyaux de la cellule-mère de l'asque renferment chacun 8 filaments chromatiques rattachés au centrosome. Chacun de ces filaments représente un chromosome. Lors de la fusion des deux noyaux ou karyogamie, les deux centrosomes de chaque noyau se fusionnent et on constate bientôt après l'apparition d'un stade synapsis où semble s'effectuer la fusion des chromosomes deux à deux formant ainsi des chromosomes bivalents.

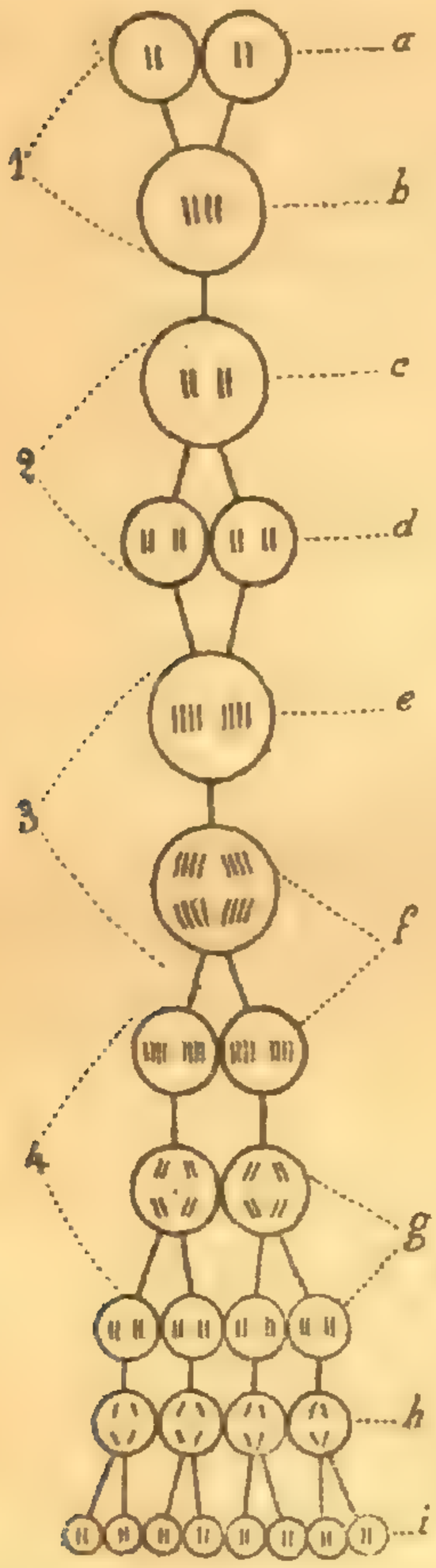


Fig. 3. — *Schéma de l'évolution nucléaire de Phyllactinia Corylea* (d'après l'interprétation de Maire). 1, copulation: *a*, noyaux sexuels; *b*, noyau copulé ; 2. karyogamie de l'asque ; *c*, synapsis pendant lequel les chromosomes se soudent 2 à 2 en chromosomes bivalents (réduction numérique); *d*, noyaux de l'asque ; 3, mitose hétérotypique ; *e*, noyau résultant de la karyogamie de l'asque. Synapsis (fusion des chromosomes 2 à 2 constituant des chromosomes tétravalents, réduction numérique) ; 4, mitose hétérotypique, *f*, 1e mitose ; *g*, 2e mitose, séparation des chromosomes tétravalents en chromosomes bivalents (1e réduction quantitative compensant la copulation); *h*, 3e, mitose, séparation des chromosomes bivalents en chromosomes monovalents (2e réduction quantitative compensant la karyogamie de l'asque) ; *i*, noyaux des ascospores.

A un stade ultérieur, il se forme un spirème constitué de 8 filaments chromatiques destinés à donner les 8 chromosomes de la plaque équatoriale de la première mitose. Ceux-ci se dédoublent à la métaphase, sans qu'on puisse voir par quel processus, pour distribuer à chaque pôle 8 chromosomes. Les deux autres mitoses ressemblent à la première et présentent également à la prophase 8 chromosomes qui se divisent chacun pour donner deux plaques polaires de 8 chromosomes. Ces divisions ne semblent différer des premières que par l'absence de stades synapsis.

Harper conclut donc que le nombre des chromosomes reste de 8, pendant tout le développement de *Phyllactinia.*

Les deux noyaux sexuels (noyau de l'anthéridie et noyau de

l'oogone) (1) renfermeraient 8 chromosomes qui, lors de la fécondation, se fusionneraient pour constituer 8 chromosomes bivalents. Les deux noyaux primitifs de la cellule-mère de l'asque posséderaient ainsi 8 chromosomes. Après la karyogamie de l'asque, le noyau secondaire qui en résulte aurait 8 chromosomes tétravalents.

Pendant les deux premières mitoses, les 8 chromosomes tétravalents seraient réduits en 8 chromosomes bivalents. Enfin, à la troisième mitose, ceux-ci seraient à leur tour dédoublés en 8 chromosomes monovalents. Mais les chromosomes sont trop petits pour permettre de suivre ces processus de réduction. Le nombre gamétophytique des chromosomes serait donc le même que le nombre sporophytique.

Ces observations sont tout à fait conformes aux résultats que nous avions obtenus dans *P. vesiculosa*, *H. rutilans* et *P. Calinus*, et ne correspondent pas à celles de Maire.

Tout autres sont les résultats obtenus par Fraser et ses collaborateurs.

Dans des recherches récentes, Fraser (4) (1908) a repris l'étude des mitoses des asques dans plusieurs espèces, notamment dans *H. rutilans* et *P. vesiculosa* que nous avons nous-mêmes étudiées et arrive à des résultats sensiblement différents.

L'auteur constate, comme nous, la présence de synapsis précédant la première mitose, mais ce synapsis commence, selon lui, avant la karyogamie des jeunes asques, par une contraction du peloton chromatique, et se poursuit jusqu'à la première mitose. Il

(1) D'après Harper et Fraser, il existerait deux fusions nucléaires dans l'évolution nucléaire des Ascomycètes; l'une accompagnerait la copulation qui se produit au début de la formation du périthèce, l'autre s'effectuerait dans ces jeunes asques. Celle-ci serait un processus particulier aux Ascomycètes et nécessaire à maintenir l'équilibre entre le volume du noyau et celui du cytoplasme dans l'asque.

D'après Dangeard, les phénomènes attribués par Harper à une copulation ne représenteraient que les vestiges d'une reproduction ancestrale aujourd'hui disparue : l'anthéridie dégénérerait sans déverser son contenu dans l'oogone. Cette reproduction sexuelle serait remplacée par la fusion nucléaire de l'asque. Il n'y aurait donc qu'une seule fusion nucléaire.

Selon Claussen et Schikorra la copulation s'effectuerait bien comme le veut Harper à l'origine du périthèce, mais les deux noyaux, noyau paternel et noyau maternel, ne se fusionneraient pas, mais s'accoleraient, formeraient un synkarion. La fusion s'effectuerait seulement dans les jeunes asques, au moment de la réduction numérique des chromosomes.

correspond donc à la réduction nécessitée par la copulation qui s'effectue à l'origine du périthèce. Fraser observe dans ce synapsis toutes les phases décrites par Farmer et Moore dans les mitoses sexuelles : fissuration longitudinale du peloton chromatique qui disparaît plus tard et formation aux dépens du peloton chromatique d'une série de boucles qui représentent l'accolement deux à deux et la soudure bout à bout des chromosomes maternels et paternels. A un stade ultérieur, le peloton entre au stade spirème et se tronçonne en 16 chromosomes présentant la forme de boucles ou d'U. Ces 16 chromosomes sont donc des chromosomes bivalents, c'est-à-dire formés de l'association de deux chromosomes qui se sont accolés au stade synapsis.

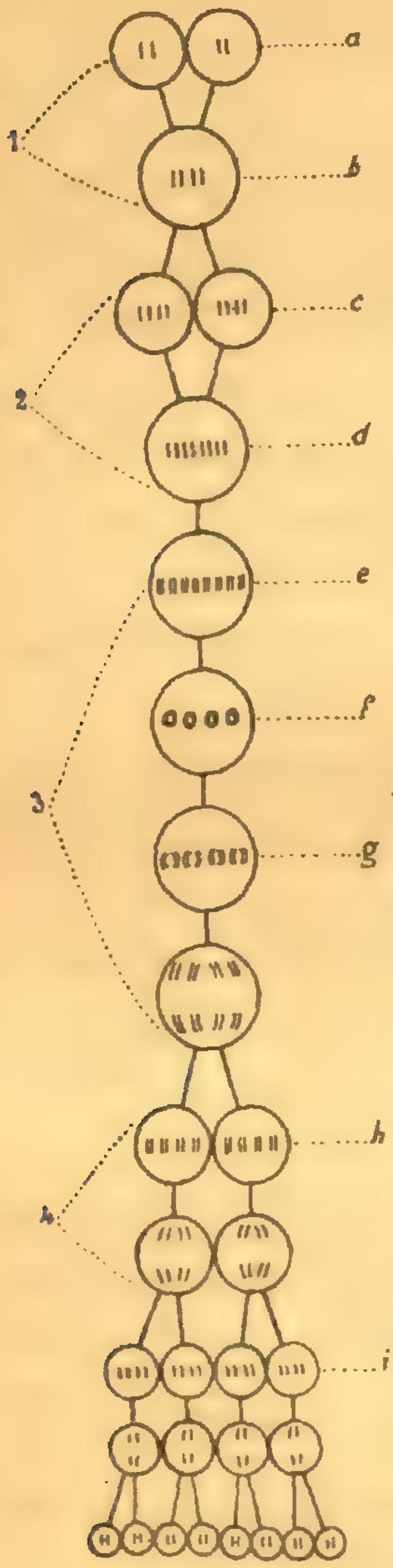


Fig. 4. — *Schéma de l'évolution nucléaire d'H. rutilans* (d'après l'interprétation de Fraser). 1, copulation ; *a*, deux noyaux des cellules initiales du périthèce ; *b*, noyau résultant de leur copulation ; 2, karyogamie de l'asque ; *c*, noyaux de l'asque ; *d*, noyau résultant de la karyogamie de l'asque ; 3, mitose hétérotypique ; *e*, fissuration longitudinale des chromosomes ; *f*, soudure bout à bout des chromosomes dans le synapsis, formant des chromoses bivalents (1e réduction numérique) ; *g*, séparation des chromosomes bivalents en chromosomes monovalents ; 4, mitose homotypique ; *h*, séparation des branches des chromosomes fissurés à la 1e mitose ; *i*, répartition des 4 chromosomes entre les 2 pôles (2e réduction numérique compensant la karyogamie).

La division des chromosomes de la première mitose consiste en la division transversale de chaque boucle, séparant ses deux branches. Elle aboutit donc à une réduction qualitative, séparant les deux chromosomes associés. Les chromosomes fils qui en résultent ont donc une constitution différente et sont monovalents. A l'anaphase, la fissuration commencée dans le peloton chromatique lors du synapsis réapparaît et les 16 chromosomes offrent la forme de V. A la prophase de la seconde mitose, les chromosomes en V réapparaissent et à la métaphase les deux branches des V ne tardent pas à se séparer pour constituer aux deux pôles 16 chromosomes. Cette division, qui n'est que l'achèvement de la divi-

sion longitudinale commencée au début de la première mitose, produit la réduction quantitative de la chromatine. Enfin, à la troisième mitose, il n'y aurait pas de partage des chromosomes. Les 16 chromosomes de la plaque équatoriale se répartiraient sans se diviser entre les deux pôles pour former dans chaque plaque polaire de l'anaphase 8 chromosomes seulement. Le nombre gamétophytique des chromosomes serait donc de 8.

Ainsi, d'après Fraser, l'évolution nucléaire de l'*H. rutilans* suivrait la marche suivante :

Après la fusion nucléaire (1) qui remplace la copulation, les deux noyaux renfermeraient 16 chromosomes. Ceux-ci persistent sans subir de réduction jusqu'à la formation de l'asque. Ce n'est qu'au synapsis de la première mitose de l'asque, avant la karyogamie, que se produit la réduction numérique des chromosomes, de sorte qu'après ce phénomène, le noyau renferme 16 chromosomes bivalents, en forme de boucle. La première mitose est hétérotypique et aboutit à une division transversale des chromosomes, séparant les deux branches de chaque boucle, c'est-à-dire les deux chromosomes constituant le chromosome bivalent. Les chromomes fils qui en résultent sont donc monovalents et différemment constitués. La division des chromosomes est donc réductionnelle ou qualitative. La seconde mitose est homotypique et les 16 chromosomes fissurés au début de la prophase de la première mitose achèvent simplement leur division longitudinale. Enfin, à la troisième mitose, les 16 chromosomes ne se divisent pas et se dirigent simplement chacun à un pôle pour former deux noyaux à 8 chromosomes. Cette troisième mitose aboutit donc à une seconde réduction numérique des chromosomes compensant la karyogamie des jeunes asques et celle-ci s'effectue par une simple répartition entre les deux pôles des 8 chromosomes de la plaque équatoriale.

Dans *P. vesiculosa*, Fraser et Welsford (5) (1908) ont observé une évolution nucléaire analogue. Dans cette espèce, la première mitose

(1) Dans *H. rutilans* il n'y a pas de copulation : les cellules qui servent de point de départ aux hyphes ascogènes ne se distinguent pas des autres cellules mycéliennes. Il n'y a donc absolument pas d'organes sexuels différenciés, mais on constate dans les cellules destinées à former le périthèce de nombreuses fusions nucléaires que Fraser considère comme une sorte de processus sexuel réduit ou pseudogamie remplaçant la copulation.

est précédée d'un synapsis qui débute dans les deux noyaux de l'asque avant leur fusion et se poursuit après la karyogamie, et au cours duquel s'effectue une première réduction numérique des chromosomes. Ceux-ci apparaissent au nombre de 8 à la plaque équatoriale et à chaque pôle de l'anaphase. Mais à la deuxième mitose, il se forme un nouveau synapsis qui réduit les chromosomes au nombre de 4 et ceux-ci ne sont plus que 4 dans les deux dernières mitoses. Cette seconde réduction s'effectue donc par un processus différent de celui constaté dans l'*H. rutilans*, au moyen d'un synapsis. Dans *Otidea aurantia*, il n'y a que 2 chromosomes, les processus sont les mêmes, mais la seconde réduction numérique ne s'accomplit qu'à la troisième mitose.

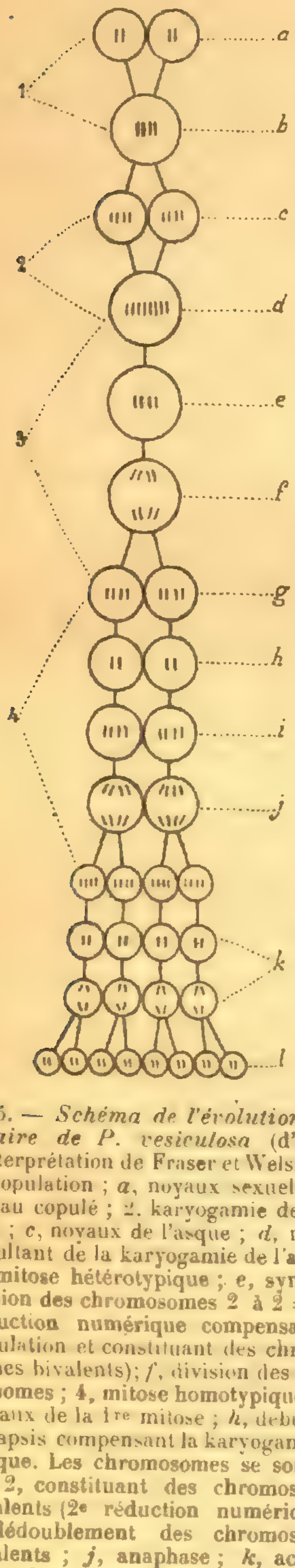


Fig. 5. — *Schéma de l'évolution nucléaire de P. vesiculosa* (d'après l'interprétation de Fraser et Welsford). 1, copulation ; *a*, noyaux sexuels ; *b*, noyau copulé ; 2. karyogamie de l'asque ; *c*, noyaux de l'asque ; *d*, noyau résultant de la karyogamie de l'asque; 3, mitose hétérotypique ; *e*, synapsis (fusion des chromosomes 2 à 2 = 1e réduction numérique compensant la copulation et constituant des chromosomes bivalents); *f*, division des chromosomes ; 4, mitose homotypique ; *g*, noyaux de la 1re mitose ; *h*, debut du synapsis compensant la karyogamie de l'asque. Les chromosomes se soudent 2 à 2, constituant des chromosomes bivalents (2e réduction numérique) ; *i*, dédoublement des chromosomes bivalents ; *j*, anaphase ; *k*, achèvement du synapsis commencé à la 2e mitose ; *l*, 3e mitose.

Plus récemment (1) Fraser et Brooks (6) (1910) ont poursuivi leurs recherches dans l'étude de *Humaria granulata*, *Ascobolus furfurascens* et *Lachnea stercorea*, et ont obtenu des résultats à peu près analogues.

Ainsi, on voit, par l'analyse que nous venons de faire de ces travaux récents, que les auteurs sont tous d'accord pour reconnaître que les mitoses de l'asque présentent les caractères des mitoses sexuelles. La première de ces mitoses est, en effet, précédée d'un stade synapsis, stade que, à la suite des travaux de Strasburger et de

(1) Plus récemment encore Carruthers observe des processus analogues dans *Helvella crispa* (Annals of Botany, 1911).

quelques autres auteurs, on considère aujourd'hui comme la phase dans laquelle s'effectue la réduction numérique des chromosomes, c'est-à-dire la fusion des chromosomes maternels et paternels aboutissant à la formation de chromosomes bivalents en nombre réduit de moitié. En outre, cette mitose semble également (du moins dans le cas où les chromosomes sont suffisamment gros pour permettre de suivre leur division) être caractérisée par un double partage des chromosomes dont l'un reste inachevé et se termine au cours de la seconde mitose qui consisterait simplement en l'achèvement de l'un des deux partages des chromosomes commencés dans la première. Ce sont là les processus que l'on regarde comme aboutissant à la réduction quantitative de la chromatine.

Toutefois, les opinions des auteurs diffèrent sur deux points : la formation et le partage des chromosomes, et surtout les caractères et le nombre des chromosomes des deux dernières mitoses de l'asque.

Tandis que nous avons admis que le partage des chromosomes dans la mitose hétérotypique s'effectue par deux divisions transversales dont la première reste inachevée, c'est-à-dire par une division purement équationnelle, sans réduction qualitative, Maire et Fraser considèrent ce partage comme réductionnel, c'est-à-dire comme aboutissant à une réduction qualitative de la chromatine. Selon Maire, cette réduction s'opérerait par la fusion à la prophase de protochromosomes (gamosomes de Strasburger), constituant des chromosomes de qualités différentes. Ceux-ci subiraient ensuite deux partages longitudinaux successifs. D'après Fraser, elle consisterait en la formation au synapsis de chromosomes bivalents ou constitués de deux chromosomes différents soudés bout à bout. La première division de ces chromosomes serait transversale et séparerait les deux chromosomes ainsi associés.

Enfin, selon Maire, Harper et nous, la division hétérotypique aurait pour rôle de réduire le nombre de chromosomes doublés par la karyogamie qui s'effectue dans l'asque. Pour Fraser et ses collaborateurs, elle serait, au contraire, en relation avec la copulation qui s'opère au début du périthèce et diminuerait de moitié les chromosomes doublés pendant ce phénomène. D'après les premiers auteurs, le nombre des chromosomes resterait constant dans les trois mitoses de l'asque, tandis que Fraser et ses collabo-

rateurs admettent l'existence d'une seconde réduction numérique en relation avec la karyogamie de l'asque qui s'effectuerait au cours de la deuxième ou de la troisième mitose et réduirait les chromosomes de moitié. La question des mitoses de l'asque et de l'évolution nucléaire, on le voit, reste donc des plus confuses.

Ces résultats contradictoires nous ont engagé à reprendre la question, en examinant de nouveau nos anciennes préparations et en poursuivant de nouvelles recherches sur *Galactinia succosa* dont nous avons pu trouver un grand nombre d'échantillons qui nous ont permis d'observer dans le détail les divers stades des mitoses de cette espèce.

II. — HUMARIA RUTILANS

Dans cette espèce, les figures qui ont été représentées par Fraser des deux premières mitoses sont absolument analogues à celles que nous avions données dans notre précédent Mémoire. Il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer nos planches avec celles de cet auteur. Pour ce qui concerne les faits, Fraser est donc entièrement d'accord avec nous, seule son interprétation diffère de la nôtre. Au contraire, cet auteur se trouve nettement en contradiction avec nous pour ce qui est relatif à la troisième mitose, où, d'après lui, il se produirait une réduction numérique des chromosomes, les 16 chromosomes de la plaque équatoriale se répartissant, sans se diviser, entre les deux pôles, pour donner 8 chromosomes seulement aux deux noyaux fils.

Afin d'essayer de résoudre ces contradictions, nous avons examiné de nouveau et avec la plus grande attention nos anciennes préparations : celles-ci renferment tous les stades des trois mitoses successives de l'asque et permettent de suivre, dans le détail, les processus de partage des chromosomes des deux premières mitoses et les diverses phases de la troisième mitose.

Au début de la première mitose, on observe des figures, que nous avons décrites dans notre précédent Mémoire et qui ont été retrouvées par Fraser, où le peloton chromatique, très enchevêtré et contracté, représente le stade initial de synapsis, (Pl. 5, Fig. 54). Le peloton semble souvent formé de deux filaments accolés longitu-

dinaux, ce qui paraît indiquer qu'il subisse une fissuration longitudinale (Pl. 5, Fig. 55 et 56 et Fig. 2 du texte).

Un peu plus tard, le peloton chromatique se contracte sur un côté du noyau qui présente alors l'aspect d'un synapsis nettement caractérisé. (Pl. 5, Fig. 57 et Fig. 2 du texte). A ce moment, la fissuration des filaments du peloton chromatique a complètement disparu et on observe la formation aux dépens du peloton de boucles qui rappellent les figures décrites par Farmer et Moore dans les mitoses sexuelles et considérées par ces auteurs comme les premières phases de la formation des chromosomes bivalents. Ces figures, qui nous avaient échappé, ont été décrites en détail par Fraser. Chacune des boucles ainsi formées paraît représenter un chromosome. En effet, à un stade ultérieur, le peloton chromatique se contracte, épaissit et le noyau entre au stade spirème. (Pl. 5, Fig. 58). Les boucles persistent pendant ce stade; elles se contractent et paraissent être toujours au nombre de 16. Bientôt après, le peloton se fragmente en 16 chromosomes qui semblent bien correspondre aux boucles formées pendant le synapsis. (Pl. 5, Fig. 59 et 60). Les chromosomes offrent d'abord l'aspect de boucles dont les deux branches sont étroitement accolées et souvent enlacées l'une à l'autre, formant parfois des figures en forme de 8, puis ils se contractent et prennent la forme de gros granules anguleux, constitués généralement par deux moitiés accolées ; parfois ils montrent nettement l'aspect de V ou d'U. Ils sont disséminés dans tout le nucléoplasme, mais plus particulièrement sur la périphérie du noyau. C'est à ce moment que se forme le fuseau achromatique par le procédé que nous avons indiqué dans notre précédent Mémoire et qui a été confirmé par Fraser. On voit d'abord apparaître un centrosome au voisinage de la membrane nucléaire. Celui-ci paraît situé dans l'intérieur même du noyau. Il semble donc se former dans le noyau lui-même (Fig. 6, *6*), ce qui confirmerait l'opinion de Maire, qui admet que, dans tous les Ascomycètes qu'il a observés, le centrosome est d'origine intranucléaire. Autour de ce centrosome et à l'intérieur du noyau rayonnent une série de fines fibrilles achromatiques, qui se terminent en divergeant vers le centre du noyau (Fig. 6, 7). Bientôt, le centrosome se divise en deux centrosomes-fils et les fibrilles achromatiques qui rayonnaient autour du centrosome-

père viennent se répartir et s'insérer autour des deux centrosomes

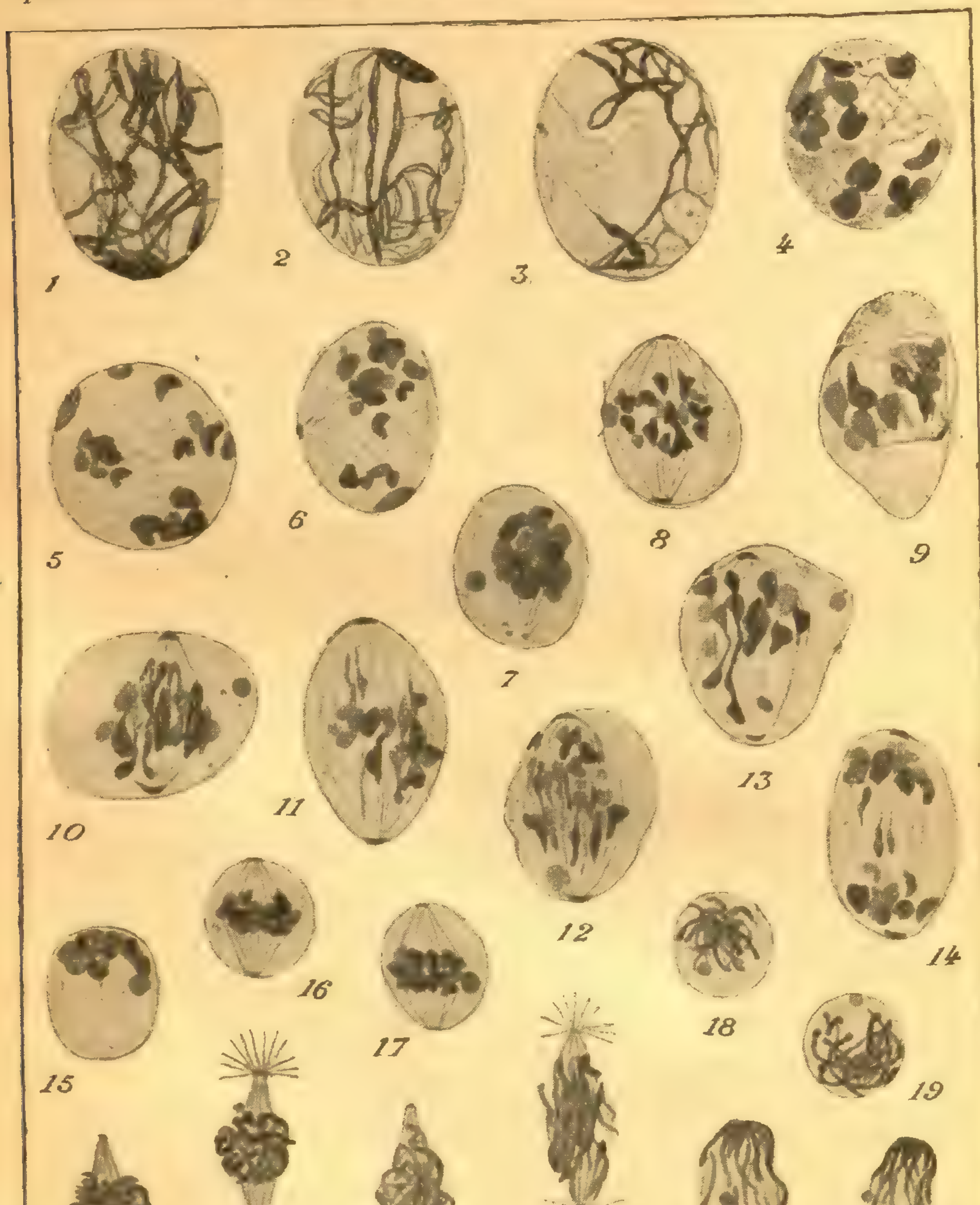


Fig. 6.— *Mitoses d'Humaria rutilans.— 1 à 14, première mitose :* 1, noyau secondaire de l'asque après la karyogamie ; 2, fissuration du peloton chromatique ; 3, synapsis ; 4 et 5, formation des chromosomes ; 6 et 7, formation du fuseau achromatique ; 8, plaque équatoriale ; 10 à 13, métaphase ; 14, anaphase ; *15 à 17, deuxième mitose :* 16, plaque équatoriale ; 17, métaphase ; *18 à 25, troisième mitose* : 18 et 19, formation des chromosomes ; 20 et 21, plaque équatoriale ; 22 et 23, métaphase ; 24 et 25, anaphase.

nouvellement formés. Ceux-ci, d'abord très rapprochés l'un de

l'autre, ne tardent pas à s'écarter et viennent se placer aux deux pôles du noyau. Les fibrilles achromatiques qui les entourent forment alors deux demi-fuseaux, partant chacun d'un pôle du noyau et se dirigeant vers l'équateur. Les deux demi-fuseaux finissent par se rencontrer et se souder à l'équateur du noyau pour donner naissance au fuseau achromatique. Pendant ce temps, les chromosomes se sont assemblés au milieu du fuseau en une masse confuse, d'aspect muriforme. Dans la suite, il ne tardent pas à s'espacer, à s'insérer sur les fibrilles du fuseau et à constituer la plaque équatoriale (Fig. 6, *8*). A ce stade, les deux centrosomes sont placés à l'extérieur du noyau, souvent dans une petite excavation de la membrane nucléaire et offrent un aspect discoïdal. Ils sont entourés chacun d'un aster peu visible, dont l'origine paraît être cytoplasmique.

A la métaphase, les chromosomes prennent la forme de losanges avec une lumière au centre, puis les deux V qui constituent ce losange semblent se séparer et se diriger chacun vers l'un des pôles du noyau (Pl. 5, Fig. 61 et Fig. 6 du texte, *9* à *13*). Pendant leur ascension ces V s'allongent et s'étirent en longeant les fibrilles achromatiques sur lesquelles ils se trouvent insérés. Le chromosome présente alors l'aspect d'un crochet ou d'un L. Souvent les deux V qui constituent le chromosome père restent réunis quelques temps pendant leur ascension. Ils offrent alors la forme de deux crochets ou de deux L (⌋) réunies par leur branche la plus longue.

A l'anaphase, on compte, à chacun des pôles, 16 chromosomes qui prennent l'aspect plus ou moins accentué de V.

La deuxième mitose débute par un spirème, qui bientôt se tronçonne en 16 chromosomes en forme de V ou de deux granules accolés (Fig. 6, *15*) qui se réunissent en une masse muriforme au centre du noyau. Ces chromosomes s'écartent ensuite et constituent une plaque équatoriale au milieu d'un fuseau achromatique formé de même manière que dans la première mitose (Fig. 6, *16*). A la métaphase, la division des chromosomes semble s'effectuer par la simple séparation de leur deux branches (Fig. 6, *17*). A l'anaphase, on constate 16 chromosomes dans les deux plaques polaires : ceux-ci ont l'aspect de granules anguleux.

Comme nous l'avons dit au début de cet article, nous avions admis que l'aspect fissuré que présente le peloton chromatique,

au début de la prophase de la première mitose, était dû à une première division longitudinale des filaments, qui disparaîtrait ensuite pendant la contraction que subit le peloton au cours du synapsis pour reparaître de nouveau dans les chromosomes qui offrent la forme de V ou de deux granules accolés. Les chromosomes seraient donc constitués par deux moitiés accolées, provenant d'une première fissuration effectuée au début de la prophase. Ceux-ci subiraient une seconde fissuration à la métaphase qui les dédoublerait en deux V, puis les deux branches de chaque V se sépareraient à la métaphase de la seconde mitose. De la sorte, la division des chromosomes à la seconde mitose n'aurait été que l'achèvement de la première fissuration commencée au début de la première mitose. Ces processus de division des chromosomes, consistant en une double division longitudinale pendant la première mitose, dont l'une s'achèverait à la seconde mitose, auraient donc été favorables à l'idée d'une réduction quantitative de la chromatine, mais n'auraient pas indiqué de réduction qualitative. Ils auraient été conformes au schéma indiqué par Guignard dans les mitoses sexuelles des Phanérogames.

Au contraire, selon Fraser, les chromosomes en V qui apparaissent à la prophase de la première mitose trouvent leur origine, non pas dans la fissuration du peloton chromatique, mais dans la formation au synapsis, aux dépens de ce dernier, de boucles constituées par deux chromosomes soudés bout à bout. Les chromosomes seraient donc formés de deux chromosomes soudés par une de leurs extrémités, et constitueraient des chromosomes bivalents. Leur division à la métaphase de la première mitose consisterait en une simple séparation de deux branches du V, formant deux chromosomes monovalents. Mais, pendant leur division, les chromosomes subiraient un second dédoublement incomplet qui transformerait de nouveau chacune de leur branche en V. Ce dédoublement qui s'achève à la métaphase de la seconde mitose, ne serait que la réapparition de la fissuration du peloton chromatique commencée dès le début de la prophase de la première mitose. Ainsi, d'après cette interprétation, la première mitose serait non seulement le siège d'une réduction qualitative des chromosomes. Elle serait conforme aux schémas proposés par Farmer, Moore, Grégoire et Strasburger pour les mitoses sexuelles des Phanérogames.

Les figures que nous avons données de ces deux mitoses peuvent s'accorder aussi bien avec l'interprétation de Fraser qu'avec celle que nous avons proposée dans notre précédent travail. Toutefois, il faut bien convenir que les chromosomes de la première mitose semblent s'effectuer aux dépens de boucles qui apparaissent au synapsis suivant le mode observé par Farmer et Moore. Aussi les figures du synapsis et du début de la prophase paraissent-elles plus conformes avec l'interprétation de Fraser. Il est donc possible que l'interprétation de cet auteur soit plus exacte. Elle est en tous cas plus conforme aux idées actuellement admises pour les mitoses sexuelles des Phanérogames, aussi sommes-nous disposés à lui accorder la préférence.

Nous avons revu avec beaucoup d'attention les diverses phases de la troisième mitose, pour laquelle les résultats de Fraser diffèrent entièrement des nôtres. Celle-ci s'effectue d'une manière très différente des deux précédentes. Après un stade spirème, le peloton chromatique se tronçonne en 16 chromosomes ayant la forme d'anses à branches très allongées qui constituent d'abord des stades astroïdes très nettement caractérisés, puis qui se groupent en une plaque équatoriale sur le fuseau achromatique lorsque ce dernier a apparu. Le grand nombre des anses chromatiques et leur enchevêtrement ne permet malheureusement pas d'observer leur scission à la métaphase.

Malgré toute l'attention que nous avons mis à examiner nos préparations et sans la moindre idée préconçue, nous n'avons pu compter exactement le nombre des chromosomes à l'anaphase et il nous semble impossible, en présence de l'enchevêtrement des chromosomes, d'en établir une numération précise.

Toutefois, l'ensemble des figures semble indiquer qu'il y a plus de 8 chromosomes à chaque pôle et que leur nombre se rapproche de 16. Comme, d'autre part, les figures de Fraser ne sont pas plus démonstratives que nos préparations (et ne peuvent l'être), nous nous permettrons donc d'émettre des doutes très sérieux sur l'exactitude de l'interprétation de cet auteur et de considérer son opinion comme une simple théorie qui aurait besoin de trouver sa démonstration. Les doutes que nous formulons ici se préciseront d'ailleurs lorsque nous aurons examiné les autres espèces (*Pustularia vesiculosa Peziza Catinus* et *Galactinia succosa.*)

Remarquons, pour terminer, que nous avons observé parfois, au cours de la formation des asques, des fusions entre les deux noyaux résultant de la première mitose ou entre les quatre noyaux dérivés des secondes mitoses. (Pl. 5, Fig. 52 et 53). Il nous est même arrivé de constater la fusion des 4 noyaux issus des troisièmes mitoses en un seul noyau. Nous avons observé des faits de même ordre, mais beaucoup plus rarement dans *G. succosa.* (Pl. 5, Fig. 51). Ces faits confirment donc les résultats de Fraser, qui a également observé dans *Humaria rutilans* des fusions de même ordre. Ces fusions paraissent assez fréquentes dans *H. rutilans* et nous semblent constituer des cas pathologiques, car les asques où elles se produisent arrêtent leur développement et n'aboutissent pas à la formation de spores.

III. — PEZIZA CATINUS

Le nouvel examen que nous avons fait de nos préparations de cette espèce a confirmé entièrement nos premiers résultats, mais nous a permis en outre d'observer certains stades qui n'avaient pas attiré notre attention. La première mitose est précédée de stades, où le peloton chromatique, très enchevêtré, subit une fissuration longitudinale. Cette dernière disparaît ensuite au synapsis (Fig. 7, *1* et *2*). A ce stade on constate, comme dans l'*H. rutilans*, la formation de boucles qui paraissent correspondre aux chromosomes. Le noyau entre ensuite au stade spirème et le peloton chromatique se partage en 16 chromosomes qui offrent des formes de boucles d'une remarquable netteté, comme le montre la figure 7, *3* à *5*.

Les centrosomes et le fuseau se forment comme dans l'*Humaria rutilans*. Au stade de la plaque équatoriale, les chromosomes se contractent et prennent l'aspect d'anneaux dont les deux branches se séparent à la métaphase (Fig. 7, *6*) et vont se placer à chaque pôle. A la seconde mitose, on retrouve 16 chromosomes à la plaque équatoriale. Ceux-ci présentent l'aspect de V qui semblent séparer leurs branches à la métaphase (Fig. 7, *8*). On retrouve donc à peu près les mêmes processus de division des chromosomes que dans l'*H. rutilans*; mais ici les phénomènes sont plus favorables encore

à l'opinion de Fraser, grâce à la formation de chromosomes qui présentent toujours et d'une manière particulièrement nette la forme de boucles.

A la troisième mitose, on observe des stades de plaque équatoriale avec 16 chromosomes, des stades de fin de métaphase avec 32 chromosomes disposés le long du fuseau, et des stades d'anaphase où l'on compte 16 chromosomes à chaque pôle. Le nombre des chromosomes reste donc constant dans les trois mitoses de l'asque et ni la deuxième, ni la troisième mitose ne sont caractérisées par une

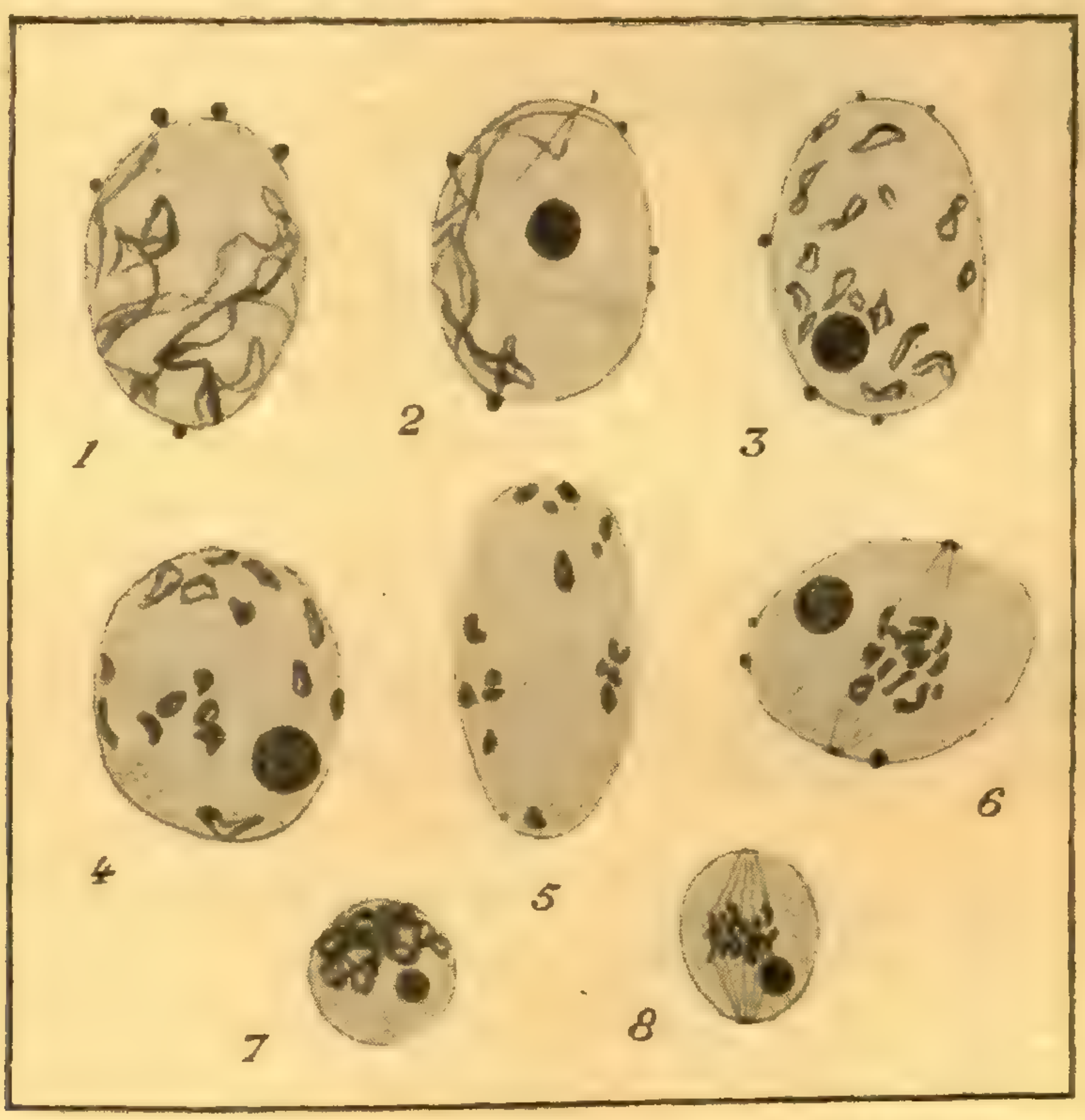


Fig. 7.— *Mitoses de Peziza Catinus.— 1 à 6, première mitose* : 1 à 2 synapsis ; 3 et 4, formation des chromosomes en boucles ; 6, métaphase ; *7 et 8, deuxième mitose* : 7, spirème ; 8, plaque équatoriale.

seconde réduction numérique. Ici les faits sont donc nettement contraires à la théorie de Fraser sur l'existence d'une seconde réduction au cours de la deuxième ou troisième mitose.

IV. — PUSTULARIA VESICULOSA

Dans *P. vesiculosa*, le début de la prophase est très difficile à observer. Dans notre précédente étude, nous avions observé

des phases de condensation du peloton chromatique qui paraissent représenter des stades synapsis, mais beaucoup moins nets que dans les précédentes espèces. Dans la suite, nous avions constaté la formation de chromosomes qui se réunissent les uns à côté des autres et forment par leur ensemble une petite agglomération près du nucléole, puis les stades de la plaque équatoriale. Plus heureux que nous, Fraser et Welsford ont pu observer les diverses phases de la formation du fuseau achromatique qui s'effectuent, d'après ces auteurs, par des processus identiques à ceux que nous avons constatés dans les deux précédentes espèces. En examinant de nouveau nos préparations, nous avons pu, nous-même, observer quelques stades de la formation du fuseau et vérifier les résultats de Fraser et Welsford.

Fig. 8. — *Pustularia vesiculosa*. A, Deuxième mitose : anaphase ; B, Troisième mitose : en haut, fin de métaphase ; au milieu, anaphase. Les autres noyaux sont à la plaque équatoriale et sont coupés transversalement.

Pour tout le reste des phénomènes, nos préparations sont manifestement en désaccord avec les résultats obtenus par ces auteurs et confirment entièrement nos premiers résultats. Nous disposions, dans nos anciennes préparations, de toute la série de stades des trois mitoses de l'asque, et ceux-ci étaient très nombreux, de telle sorte qu'il nous a été facile de compter exactement le nombre des chromosomes dans les trois mitoses. En outre, les chromosomes étant moins nombreux que dans les autres espèces et plus petits, leur numération est beaucoup plus facile et permet d'arriver à des résultats d'une remarquable précision. Or, notre nouvel examen de *P. vesiculosa* confirme entièrement les résultats auxquels nous étions arrivés précédemment et nous sommes en mesure d'affirmer de la manière la plus précise que le nombre des chromosomes reste de 8 à l'ana-

phase des trois mitoses successives de l'asque et qu'il ne s'y effectue par conséquent aucune réduction numérique. Les résultats de Fraser et Welsford sont donc ici manifestement inexacts. D'ailleurs, on ne constate pas de synapsis, ni au début de la première mitose, ni au début de la seconde, contrairement à l'opinion de ces auteurs.

V. — GALACTINIA SUCCOSA

Dans notre mémoire précédent, nous avions pu décrire quelques-uns des stades des mitoses de l'asque dans cette espèce : ces stades paraissaient correspondre au schéma de Maire et nous avaient amené à penser que l'interprétation de cet auteur était exacte. Nous avions cru observer à la plaque équatoriale de la première mitose 4 chromosomes qui subissaient ensuite deux divisions longitudinales successives, dont la seconde, parfois incomplète, fournissait aux deux pôles de l'anaphase, un nombre de chromosomes variant entre 8 et 16. Dans les deux autres mitoses, nous avions compté 4 chromosomes à la plaque équatoriale et à l'anaphase. Aussi avions-nous admis l'interprétation de Maire, c'est-à-dire, l'existence dans cette espèce de 4 chromosomes qui, à la première mitose, subissaient deux partages successifs dont le second s'achevrait à la seconde mitose, assurant ainsi la réduction quantitative des chromosomes. Toutefois, nous avions fait les plus grandes réserves sur cette interprétation, car nos préparations ne renfermaient que très peu de figures de ces différents stades et étaient insuffisantes pour permettre une conclusion définitive.

Dans leurs recherches récentes, Fraser et Welsford ont émis des doutes sur l'exactitude de cette interprétation et pensent que les numérations de Maire doivent être erronnées pour ce qui concerne la prophase de la première mitose. Ils supposent, en effet, que la première mitose offrirait 8 chromosomes qui subiraient un seul partage et à l'anaphase formeraient deux plaques de 8 chromosomes. A la prophase de la seconde mitose, une réduction numérique interviendrait et réduirait les chromosomes à 4. De la sorte, les mitoses de *G. succosa* seraient conformes à la théorie de ces auteurs. Une nouvelle étude de *Galactinia succosa* s'imposait donc et c'est ce qui nous a déterminé à reprendre l'examen des mitoses de cette espèce.

Les nouveaux résultats que nous avons obtenus ne confirment ni l'interprétation de Maire, ni l'opinion de Fraser et Welsford; ils ont donc entièrement modifié notre première opinion. En effet, dans cette espèce, les mitoses de l'asque s'effectuent par des processus absolument analogues à ceux que nous avons observés dans les autres Ascomycètes *(H. rutilans*, *P. Calinus* et *P. vesiculosa)*.

Dans les stades qui précèdent la prophase de la première mitose, le noyau offre un peloton chromatique très enchevêtré et très chromophile. (Pl. 4, Fig. 1). Le cytoplasme avoisinant le noyau sécrète un grand nombre de granules basophiles, souvent accolés autour de la membrane nucléaire. Maire considère ces granulations comme étant en relation avec la sécrétion des globules de graisse qui, eux aussi, apparaissent d'abord autour du noyau et en même temps que les granulations basophiles.

Au début de la prophase, le peloton chromatique passe par un stade synapsis très nettement caractérisé qui a été figuré par Maire et dans lequel le peloton chromatique se condense sur un côté du noyau. (Pl. 4, Fig. 2 à 5). Suivant le degré de décoloration de la préparation, la charpente chromatique apparaît tantôt uniformément colorée, laissant cependant distinguer de gros granules chromatiques dont le diamètre dépasse celui des filaments, tantôt elle est à peine colorée et montre alors très distinctement des gros granules fortement colorés.

A un stade ultérieur, le noyau subit des modifications de forme très appréciable, il se rapetisse, s'allonge dans le sens longitudinal de la cellule; une de ses extrémités s'enfonce souvent dans le cytoplasme où il envoie une sorte de pseudopode effilé. Le peloton chromatique se condense en une petite masse située sur un côté de la cellule, à côté du nucléole : il est formé d'un réseau très serré et uniformément coloré, sans différenciation. (Pl. 4, Fig. 6). Le noyau semble être alors au stade spirème signalé par Maire.

Au cours de ces dernières phases, les granulations basophiles qui entourent le noyau diminuent de plus en plus de nombre et de dimensions pour disparaître presque complètement dans les stades suivants. Ils réapparaissent, après la division, dans les noyaux fils qui en résultent, lorsque ceux-ci se trouvent à l'état de repos. Il est fort possible que, comme l'admet Maire, ces granulations soient en rapport avec la sécrétion des graisses qui s'effectue à ce moment :

elles constitueraient donc des particules cytoplasmiques différenciées, chargées d'élaborer les graisses. Toutefois, le fait qu'elles disparaissent pendant les mitoses pourrait aussi faire penser qu'elles jouent le rôle de matière de réserve utilisée par le noyau au cours de sa division. Mais il faut remarquer qu'à l'appui de l'opinion de Maire, ces granulations, qui semblent exister dans la plupart des Ascomycètes, sont surtout abondantes dans les espèces qui sécrètent beaucoup de graisses.

Au stade suivant, le spirème se fragmente en 8 chromosomes qui se disposent sur un des côtés du noyau, tout près du nucléole, dans une masse confuse de linine. (Pl. 4, Fig. 7). Il ne paraît donc pas exister de protochromosomes, et les chromosomes sont au nombre de 8 et non de 4, contrairement à l'opinion de Maire.

C'est à ce moment qu'apparaît le centrosome, sur un côté du noyau. Celui-ci présente l'aspect d'un petit granule très coloré et paraissant situé dans l'intérieur même du noyau. Il semble donc bien avoir une origine nucléaire, comme Maire l'a affirmé. Toutefois, ici comme dans l'*H. rutilans*, il est difficile de se prononcer définitivement sur cette question, car il se pourrait que le centrosome soit situé à l'extérieur du noyau, et que son apparence intranucléaire ne tienne qu'à une simple illusion d'optique résultant de ce qu'il se trouve à un endroit de la périphérie de la membrane nucléaire d'où il ne peut être vu que par transparence. Quoiqu'il en soit, le centrosome est entouré de fibres achromatiques qui se dirigent en s'irradiant vers le milieu du noyau où sont placés les chromosomes. Ceux-ci sont réunis à ce moment en une masse confuse, d'aspect muriforme et se laissent difficilement compter. (Pl. 4, Fig. 8). Le centrosome se divise bientôt et les fibres achromatiques qui l'entourent se distribuent autour des deux centrosomes fils qui résultent de cette division. Les deux centrosomes s'écartent peu à peu l'un de l'autre et vont se placer aux deux pôles du noyau. Les deux demi-fuseaux formés par le système de filaments achromatiques qui partent de chacun des centrosomes, se soudent à l'équateur du noyau et constituent le fuseau achromatique. (Pl. 4, Fig. 8 à 17). La formation du fuseau achromatique s'effectue donc comme dans les espèces précédentes; cependant elle est plus particulièrement facile à observer dans *Galactinia succosa* qui présente, à ce point de vue, un très bon objet d'étude.

Maire admet que le fuseau achromatique est d'origine astérienne et que l'aster est formé à la fois par le noyau et par le cytoplasme. Les fibres achromatiques qui entourent les deux centrosomes et constituent en se réunissant à l'équateur du noyau le fuseau achromatique représenterait des asters d'origine intranucléaire. Les filaments de ces asters qui s'irradient vers le centre du noyau fourniraient le fuseau achromatique; les autres dirigés vers l'extérieur du noyau se combineraient avec des filaments formés par le cytoplasme et constitueraient les asters proprement dits. L'opinion de Maire paraît vraisemblable, mais les faits que nous avons observés ne nous permettent pas de nous prononcer à ce sujet d'une manière définitive.

Dès l'apparition du fuseau, les chromosomes sont toujours du nombre de 8, mais ils sont ordinairement très rapprochés les uns des autres et condensés en une masse confuse, ce qui rend presque impossible leur numération et ce qui explique l'erreur de Maire. A ce moment, en effet, on serait souvent tenté d'en compter un nombre inférieur à la réalité.

A partir de ce stade, le noyau, qui avait jusqu'ici conservé sa forme allongée, diminue de volume et prend des aspects variables, sphériques ou un peu allongés, à contour souvent irrégulier. Aux deux pôles, il montre généralement une petite invagination dans laquelle se trouve logé le centrosome qui est alors nettement extranucléaire. A ce moment, les chromosomes occupent le milieu du fuseau où ils forment une plaque équatoriale : ils ne tardent pas à s'espacer et il devient facile de les compter. Le noyau est alors au stade de la plaque équatoriale. Les chromosomes sont toujours au nombre de 8 et ont la forme de granules anguleux ou de V; ils sont un peu plus gros que les chromosomes de *P. vesiculosa*. (Pl. 4, Fig. 1, 18 et 21).

Bientôt, le noyau entre en métaphase et les chromosomes commencent à se diviser. Ils se répartissent sur toute la longueur du fuseau et à partir de ce moment, leur nombre varie donc entre 8 et 16, la division des chromosomes ne se produisant pas toujours simultanément. Il n'est pas possible de suivre, d'une manière précise, le mode de partage des chromosomes. (Pl. 4, Fig. 23 à 31). Cependant, certaines figures semblent indiquer qu'elle s'effectue dans *H. rutilans* et *P. Catinus*. Certains chromosomes offrent nettement la

forme de losanges avec une lumière au centre et dont les deux sommets paraissent se séparer. Parfois aussi, on peut observer deux chromosomes en V venant de se diviser et dont l'une des branches est encore soudée l'un à l'autre par un mince filet. Les chromosomes fils qui résultent de ce partage s'étirent le long des fibres achromatiques sur lesquels ils sont insérés et prennent pendant leur ascension aux pôles des formes souvent très allongées munies d'un renflement terminal qui leur donne l'aspect d'une virgule ou d'un crochet. A la fin de la métaphase, on rencontre des stades à 16 chromosomes disséminés sur toute la longueur du fuseau. Enfin, à l'anaphase, on observe nettement 8 chromosomes à chaque pôle. (Pl. 4, Fig. 32 à 34).

La seconde division s'effectue comme la première, mais n'est pas précédée de synapsis. Au début, le noyau s'allonge et prend la forme qu'il présentait à la prophase de la première mitose; à ce moment son peloton chromatique se resserre et se condense en un spirème sur la partie médiane du noyau : à cet endroit le noyau montre une petite invagination qui lui donne un aspect réniforme. (Pl. 4, Fig. 38). Bientôt, le spirème se fragmente en 8 chromosomes (Pl. 4, Fig. 39) et le fuseau achromatique se forme bientôt par les processus que nous avons décrits dans la première mitose. (Pl. 5, Fig. 40 et 41). Ici encore, pendant la formation du fuseau, les chromosomes forment souvent une masse confuse qui rend leur numération difficile. Ce n'est qu'au stade de la plaque équatoriale qu'ils s'espacent et qu'il devient facile de les compter. On observe ensuite des stades de métaphase avec 16 chromosomes et des anaphases avec 8 chromosomes à chaque pôle. (Pl. 5, Fig. 42 à 45).

La troisième mitose s'effectue également de la même manière, mais le noyau ne prend pas à la prophase la forme allongée qu'il offrait dans les deux précédentes mitoses. Il offre d'abord des stades spirèmes où le peloton s'épaissit au milieu du noyau (Pl. 5, Fig. 46); puis le spirème ne tarde pas à se partager en 8 chromosomes allongés, qui offrent une forme très caractéristique de V à branches écartées. (Pl. 5, Fig. 47). Ceux-ci se disposent au milieu du noyau. A la plaque équatoriale, les chromosomes apparaissent également au nombre de 8. Au cours de la métaphase, on en compte de 8 à 16; ils prennent à ce moment des formes très allongées, filamenteuses, en crochet ou en massue; mais il est impossible

d'observer leur partage. On observe ensuite 8 chromosomes aux deux plaques polaires. (Pl. 5, Fig. 48 à 50).

Ainsi, ces observations montrent que les résultats de Maire sont inexacts. Il existe dans les mitoses de *G. succosa*, 8 chromosomes et non pas 4 chromosomes comme l'affirme cet auteur. Elles prouvent en outre que ces mitoses s'effectuent par des processus analogues à ceux que nous avons constatés dans *Pusl. vesiculosa* et dans les autres Ascomycètes. Enfin, à l'encontre des résultats obtenus dans un grand nombre d'espèces d'Ascomycètes par Fraser, Fraser et Welsford, et Fraser et Broock, on ne constate dans *G. succosa* pas plus que dans les espèces précédentes, aucune réduction numérique des chromosomes au cours des deux dernières mitoses : les chromosomes restent au nombre de 8 à l'anaphase des trois mitoses successives.

L'erreur de Maire s'explique facilement par la présence, au début de la prophase, de 8 chromosomes, pris par cet auteur pour des protochromosomes, par leur condensation pendant la formation du fuseau en une masse confuse qui ne permet pas de distinguer leur individualité, par leur partage à la métaphase qui ne s'effectue pas simultanément, enfin par la petitesse des figures des secondes et troisièmes mitoses.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS

Les nouvelles observations que nous avons entreprises sur les mitoses de l'asque confirment absolument, au point de vue des faits, nos résultats antérieurs et montrent que le nombre des chromosomes reste constant dans les trois mitoses successives, contrairement à ce qu'ont avancé Fraser et ses collaborateurs.

Examinons donc ici les deux points controversés de cette question, c'est-à-dire : 1° le mode de formation et de partage des chromosomes à la première mitose et 2° l'existence ou la non existence d'une seconde réduction numérique des chromosomes au cours de la deuxième ou de la troisième mitose.

A) *Mode de formation et de partage des chromosomes dans la première mitose.* — Dans toutes les espèces observées (*G. succosa*, *Pust. vesiculosa*, *P. Catinus* et *H. rutilans*), la première mitose

s'effectue de la même manière et le nombre des chromosomes reste le même à la plaque équatoriale et aux deux plaques polaires de l'anaphase.

Déjà, dans nos précédentes recherches, nous avions montré que les processus décrits par Maire (c'est-à-dire, double partage longitudinal des chromosomes aboutissant à la formation aux pôles de l'anaphase d'un nombre de chromosomes double de celui de la plaque équatoriale), étaient inexacts pour *Pust. vesiculosa*, mais autant que nous avions pu en juger d'après les préparations insuffisantes, il nous avait semblé que le schéma de Maire paraissait se vérifier dans *G. succosa.* Aujourd'hui, nous sommes, au contraire, en mesure de prouver que l'interprétation de Maire est également en défaut pour cette dernière espèce. On ne constate pas, en effet, dans *G. succosa*, la formation de protochromosomes au nombre variable et dont la fusion constituerait 4 chromosomes définitifs. Les chromosomes apparaissent directement et sont au nombre de 8, et non de 4 comme l'a soutenu Maire. En outre, ceux-ci ne subissent pas deux partages successifs complets, l'un à la métaphase, l'autre à l'anaphase, aboutissant à la formation de deux noyaux fils dont le nombre des chromosomes est le double du nombre qu'on observe à la plaque équatoriale. S'il s'effectue bien en réalité deux partages successifs des chromosomes, comme paraissent l'indiquer les processus que l'on constate dans *H. rutilans* et *P. Catinus*, où les chromosomes plus gros laissent observer leur partage, il faut admettre que l'un de ces partages reste inachevé, car le nombre de chromosomes reste constant à la plaque équatoriale et aux plaques polaires de l'anaphase.

Quant au mode de partage des chromosomes, il ne peut être observé d'une manière précise que dans *H. rutilans* et *P. Catinus* où les chromosomes sont particulièrement gros. Dans *H. rutilans*, les résultats de Fraser et ceux que nous avions obtenus dans nos recherches précédentes sont absolument concordants en ce qui concerne les faits. Ils ne diffèrent que par l'interprétation. Les figures de partage des chromosomes peuvent s'expliquer aussi bien par l'interprétation de cet auteur que par la nôtre. Il semble toutefois que celle de Fraser soit plus conforme à la réalité. Nous avons pu constater, en effet, dans nos nouvelles recherches, l'existence de plusieurs stades qui nous avaient jusqu'ici échappé

et qui semblent favorables à l'opinion de Fraser. C'est ainsi que nous avons décrit la formation au stade synapsis, aux dépens du peloton chromatique, de boucles dont le nombre semble correspondre à celui des chromosomes. Il est donc vraisemblable d'admettre que ces boucles représentent autant de chromosomes. Ceux-ci, en effet, conservent au moment de leur formation l'aspect de boucles et ce n'est que plus tard, un peu avant l'apparition de la plaque équatoriale, qu'ils prennent leur forme définitive, c'est-à-dire, celle de V ou de deux granules accolés. Enfin, dans *P. Catinus*, la formation de ces boucles est encore plus nette que dans l'espèce précédente. Aussi, sans vouloir prendre partie dans la question si controversée de la division des chromosomes dans les mitoses hétérotypiques, question qui, pour notre part, nous paraît beaucoup trop délicate pour trouver une solution précise, nous serions disposés à admettre l'opinion de Fraser qui, d'ailleurs, est beaucoup plus conforme aux idées actuellement admises sur les mitoses sexuelles des Phanérogames et qui notamment s'accorde tout particulièrement avec le schéma de Farmer et Moore.

Mais notre intention n'est pas d'ailleurs d'insister sur cette question qui, nous le répétons, nous paraît être insoluble, vu l'état actuel de la science, et qui est en tous cas destinée encore à subir de nombreuses fluctuations.

B) *Existence d'une seconde réduction numérique au cours de la deuxième ou de la troisième mitose.* — Relativement à l'existence de la seconde réduction constatée par Fraser et ses collaborateurs dans un certain nombre d'espèces, nos nouvelles recherches démontrent l'inexactitude de l'opinion soutenue par ces auteurs et ont abouti à une confirmation complète de nos premiers résultats. Elles établissent, en effet, que dans toutes les espèces que nous avons examinées, il ne se produit aucune réduction numérique des chromosomes au cours de la seconde ou de la troisième mitose. Le nombre des chromosomes reste constant pendant les trois mitoses successives de l'asque.

Dans *Pusl. vesiculosa* où Fraser et Welsford décrivent cette réduction, nous avons pu constater d'une manière très précise l'existence de 8 chromosomes dans les anaphases des trois mitoses successives. Il en est de même dans *P. Catinus*. Par contre, il est difficile de compter exactement le nombre des chromosomes dans

a troisième mitose d'*H. rutilans*, par suite de la longueur et de l'enchevêtrement de ces derniers ; toutefois, il nous a semblé, qu'à l'anaphase, leur nombre restait bien de 16 dans cette mitose comme dans les deux précédentes. Enfin, dans *G. succosa* où Maire décrit des processus spéciaux qui sembleraient concorder avec les résultats de Fraser et de ses collaborateurs, c'est-à-dire deux partages successifs complets des chromosomes à la première mitose, doublant le nombre des chromosomes dans les deux noyaux fils, puis dans la seconde mitose simple, répartition de ces chromosomes entre les deux pôles, réduisant ainsi leur nombre de moitié, nous avons montré que le schéma de cet auteur est inexact. Les chromosomes ne sont pas au nombre de 4 comme le soutient Maire, mais de 8, et ce nombre reste constant à l'anaphase des trois mitoses successives.

Ces résultats permettent donc de conclure que trois des espèces que nous avons examinées (*P. vesiculosa*, *G. succosa*, *P. Calinus*) n'offrent pas de seconde réduction numérique au cours des deux dernières mitoses et qu'il semble en être de même dans *H. rutilans*. Comme deux de ces espèces sont précisément de celles où Fraser et ses collaborateurs ont décrit cette seconde réduction, on peut donc penser que les résultats de ces auteurs sont erronés et qu'il n'existe de seconde réduction chez aucun Ascomycète.

L'évolution nucléaire des Ascomycètes est encore rempli d'obscurité. S'il faut en croire Harper, il y aurait une copulation à l'origine du périthèce avec fusion nucléaire, puis une seconde fusion nucléaire dans les jeunes asques. Selon Claussen et Schikorra, on constaterait bien une copulation à l'origine du périthèce, mais celle-ci ne serait pas accompagnée de fusion nucléaire : les noyaux sexuels s'accoleraient sans se fusionner et formeraient un synkarion qui persisterait jusqu'à la formation de l'asque. La fusion nucléaire s'opérerait donc dans l'asque. Pour Dangeard, au contraire, il y aurait bien au début du périthèce des organes sexuels, mais ceux-ci ne seraient que des vestiges d'une reproduction sexuelle ancestrale qui aurait cessé d'être fonctionnelle et aurait été remplacée par la fusion nucléaire de l'asque.

Avec les opinions de Claussen, Schikorra, de même qu'avec celle de Dangeard, on s'explique facilement l'inexistence de la seconde réduction numérique décrite par Fraser et ses collaborateurs. Si

l'on admet, au contraire, l'opinion de Harper, il faut conclure que la fusion nucléaire qui accompagne la copulation à l'origine du périthèce est immédiatement suivie d'une réduction numérique des chromosomes et que le synapsis de la première mitose de l'asque correspond à la réduction numérique des chromosomes nécessitée par la karyogamie qui se produit dans l'asque.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. Maire. — Recherches cytologiques sur quelques Ascomycètes. (*Annales mycologici*, 1905).

— Recherches sur la karyokinèse des Ascomycètes. (*Revue générale de Botanique*, 1904).

2. Guilliermond. — Recherches sur la karyokinèse des Ascomycètes (*Revue générale de Botanique*, 1904). Remarques sur la karyokinèse des Ascomycètes. (*Annales mycologici*, 1905).

3. Harper. — Sexual reproduction and organisation of the nucleus in certain mildews. (*Carnegie Institution of Washington*, 1905).

4. Fraser. — Contribution to the cytology of Humaria rutilans. (*Annals of Botany*, 1908).

5. Fraser et Welsford. — Further contribution to the cytology of the Ascomycètes. (*Annals of Botany*, 1908).

6. Fraser et Brooks. — Further Studies on the cytology of the ascus. (*Annals of Botany*, 1910).

EXPLICATION DES PLANCHES (1)

Planche IV

Galactinia succosa

Fig. 1. — Noyau secondaire de l'asque avant le synapsis.
Fig. 2 à 5. — Synapsis.
Fig. 6. — Première mitose. — Spirème.
Fig. 7. — Id. Formation des chromosomes.
Fig. 8 à 17. — Id. Formation du fuseau achromatique.
Fig. 18 à 21. — Id. Plaque équatoriale.
Fig. 22 à 31. — Id. Métaphase.
Fig. 32 à 34. — Id. Anaphase.
Fig. 35 à 36. — Télophase.
Fig. 37. — Noyau provenant de la première mitose, à l'état de repos.
Fig. 38. — Deuxième mitose. — Spirème.
Fig. 39. — Id. Formation des chromosomes.

Planche V

Galactinia succosa (41 à 51) *et Humaria rutilans* (51 à 61)

Fig. 40 et 41. — *Galactinia succosa.* — Deuxième mitose; formation du fuseau achromatique.
Fig. 42. — Deuxième mitose — Plaque équatoriale.
Fig. 43. — Id. Anaphase et plaque équatoriale.
Fig. 44. — Id. Métaphase et anaphase.
Fig. 45. — Id. Anaphase et télophase.
Fig. 46. — Troisième division; Spirème.
Fig. 47. — Id. Stade astroïde.
Fig. 48. — Id. Deux stades de formation du fuseau et deux stades de plaque équatoriale.

(1) Toutes les figures proviennent de préparations fixées au Flemming et colorées à l'hématoxyline ferrique. Elles ont été dessinées à l'aide de la Chambre claire de Zeiss avec l'objectif apochromatique à immersion homogène 2 mm. de Zeiss et l'oculaire compensateur 18, sauf les figures 21 et 31 faites avec l'objectif apochromatique à immersion homogène 1,5 mm. de Zeiss et l'oculaire compensateur 8.

Fig. 49. — Deuxième mitose. — Anaphase, métaphase et deux stades de plaque équatoriale.

Fig. 50. — Id. Anaphase, télophase et métaphase.

Fig. 51. — Noyaux résultant de la troisième division dont deux se sont fusionnés.

Fig. 52. — *Humaria rutilans*.— Fusion de deux noyaux de la deuxième division.

Fig. 53. — Deux noyaux accolés et en voie de fusion; le noyau supérieur est plus gros et renferme deux nucléoles; il semble résulter de la fusion des trois autres noyaux formés par la troisième mitose, la fusion n'est pas achevée, car il existe encore deux nucléoles.

Fig. 54. — Noyau secondaire de l'asque après la karyogamie.

Fig. 55. — Fissuration du peloton chromatique.

Fig. 56. — Début du synapsis, le peloton est encore fissuré.

Fig. 57. — Synapsis.

Fig. 38. — Spirème.

Fig. 59 à 60. — Formation des chromosomes (en boucles).

Fig. 61. — Fragment de la métaphase de la première mitose montrant le partage des chromosomes.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

H. Colin. — **Hydrolyse de quelques polysaccharides par le Botrytis cinerea.** Thèse pour le Doctorat ès sciences. (*Annales des Sciences naturelles, Bot.*, 9e sér., t. XIII, 1911).

L'auteur étudie les dédoublements diastasiques effectués, dans le groupe des sucres, par le *Botrytis cinerea*, en s'attachant surtout à déterminer les rapports existant entre les sécrétions diastasiques et l'utilisation des différentes substances sucrées susceptibles d'être assimilées par la Mucédinée.

Le *Botrytis* a été cultivé sur des milieux renfermant différents sucres, et les modifications subies par ces composés, au cours du développement, ont été étudiées, de manière à ce qu'il soit possible de déterminer la valeur nutritive de chacun de ces sucres pour le champignon considéré. Pour certains sucres, qui n'ont pu être obtenus qu'en petites quantités, la méthode des cultures n'a pas été employée, l'auteur s'est borné à étudier, sur ces hydrates de carbone, l'action de mycéliums de *Botrytis* développés sur des sucres voisins de ces composés. Les sucres étudiés étaient : le saccharose, le maltose, le raffinose, le mélézitose, le lactose, le tréhalose. Les résultats de cette première partie des recherches sont les suivants : les dédoublements subis par les sucres étudiés, au sein des liquides de culture, peuvent être ramenés à deux types : le premier est représenté par le dédoublement du saccharose et du raffinose; il est caractérisé par l'apparition, dans les liquides de culture, des diastases hydrolysantes et des produits résultant de ces hydrolyses; le second type est représenté par le dédoublement du maltose, du lactose, du tréhalose, du mélibiose; il est caractérisé par l'absence, dans les liquides de culture, de toute diastase et de tout produit d'hydrolyse, ce qui tendrait à faire croire que les sucres de ce dernier groupe sont assimilés directement; les résultats qui suivent montrent qu'il n'en est rien.

Dans une seconde partie de ses recherches, H. Colin étudie les enzymes contenus dans les mycéliums. Pour cela, il prépare des macérations de mycéliums entiers développés sur des milieux définis, ou bien des macérations de ces mêmes mycéliums broyés, ou bien encore il s'adresse, non plus à des macérations, mais à la

poudre obtenue en triturant et séchant les mycéliums eux-mêmes. L'auteur étudie l'activité diastasique des différentes préparations ainsi obtenues à partir des mycéliums développés sur les divers sucres indiqués ci-dessus; il étudie l'influence exercée par ces préparations, non seulement sur ces sucres, mais sur d'autres polysaccharides, tels que le stachyose et le gentianose. Il résulte de cette étude qu'aucun des sucres étudiés n'est directement assimilé; tous sont préalablement hydrolysés par une, et parfois par deux diastases; les bioses sont hydrolysés par une seule diastase, tandis que deux enzymes sont nécessaires à l'hydrolyse complète des trioses. L'ensemble de ces diastases comprend deux types de ferments : les uns, qui sont diffusibles, invertines et ferments déterminant l'hydrolyse faible du raffinose, du mélézitose, du gentianose et du stachyose ; les autres qui ne diffusent pas et adhèrent très fortement au mycélium, maltase, lactase, tréhalase, mélibiase, et, en général, ferments achevant l'inversion des trisaccharides et du manméotétrose. Les ferments du type invertine diffusent donc dans les milieux de culture et y sont accompagnés des produits de dédoublement résultant de leur action; les ferments du type maltase ne diffusent au contraire jamais dans les liquides de culture, les actions diastasiques s'effectuent à l'intérieur des filaments mycéliens et les produits du dédoublement ne sont jamais décelables au dehors.

Dans une troisième partie, l'auteur étudie les rapports existants entre les sucres qui se trouvent dans les milieux de culture et les diastases sécrétées. Cette étude montre que l'existence, dans le milieu de culture, d'un sucre déterminé, n'est pas indispensable pour que le *Botrytis* différencie l'enzyme correspondant à ce sucre. C'est ainsi que le mycélium développé sur un milieu glucosé excrète les diastases capables d'hydrolyser le saccharose, le mélézitose, le raffinose, le stachyose, le gentianose, et renferme celles qui dédoublent le maltose, le tréhalose, le lactose, le mélibiose, le turanose, le manninotriose. Ces différents ferments sont toutefois élaborés en moindre quantité que lorsque le mycélium est cultivé sur le polysaccharide correspondant à chacun d'eux. Des cultures de *Botrytis* sur saccharose, sur maltose ou sur lactose ont permis de constater que le besoin, pour le *Botrytis*, de sécréter une diastase déterminée, n'entraîne pas, pour cette moisissure, l'impossibilité d'élaborer d'autres enzymes. Les mycéliums développés sur des milieux sucrés, mais ne renfermant ni gentianose, ni stachyose, contiennent les ferments capables de déterminer l'hydrolyse complète de ces deux sucres.

La dernière partie des recherches de H. Colin est relative à l'étude de la question de la spécificité des diastases. Les conclusions auxquelles est amené l'auteur sont les suivantes :

1° Il semble que ce soit le même ferment qui dédouble à la fois le saccharose, le raffinose, le gentianose et le stachyose; l'hydrolyse

de ces quatre sucres est d'ailleurs caractérisée par le décrochement de la molécule de lévulose qu'ils renferment :

2° Il semble également que l'invertine et la mélézitase soient identiques;

3° La maltase et la lactase sont deux diastases distinctes;

4° La tréhalase semble être identique à la maltase;

5° Le ferment qui dédouble le gentiobiose paraît être identique à l'émulsine;

6° La mélibiase ne semble pas être différente de la lactase; elle est distincte de l'émulsine;

7° La turanase et la manninotriase sont différentes de l'émulsine, et semblent agir comme la maltase et la lactase.

R. COMBES.

MOLLIARD, M. et GATIN C.-L. — **Utilisation de la xylane, par le *Xylaria hypoxylon* L.** (*Bull. de la soc. botanique de France*, T. 57, p. 127-131, 1910).

Les auteurs se sont proposé d'étudier les propriétés digestives des Champignons lignicoles en les faisant agir en cultures pures sur les diverses substances constituantes de la membrane lignifiée, considérées isolément. Ils font connaître les résultats obtenus avec le xylane.

Ils constituent dans des flacons coniques de 500 centimètres cubes un milieu de cultures composé de xylane (8 gr.) et de phosphate d'ammoniaque et d'azotate de potassium, en proportions définies, et de l'eau.

Ce milieu, stérilisé à 115°, constitue une gelée à la surface de laquelle le *Xylaria* est ensemencé. En trois semaines, on a un grand développement de mycélium ; après deux mois, la xylane subit un commencement de liquéfaction. Il ne se produit jamais les arbuscules de la forme parfaite. Au bout de sept mois, le mycélium d'un des flacons est enlevé, lavé et séché à 105°, ce qui donne 0 gr. 610 de poids sec. On précipite ensuite par l'alcool à 95° le contenu de la fiole, auquel on avait ajouté l'eau de lavage provenant de l'opération précédente, et on obtient ainsi un précipité de 2 gr. 380 de xylane. Le poids de xylane non attaquée est donc :

8 gr.—2 gr. 380=5 gr. 620. Le rendement en présence du xylane est donc : 0,610 : 5,620=0,11.

La liqueur alcoolique précédente, hydrolysée par l'acide chlorhydrique, donne des pentoses qui ne peuvent être que du xylose; ce qu'on n'obtient pas avec les flacons identiques non ensemencés.

Pour avoir une idée de la valeur alimentaire du xylane les auteurs font des expériences comparatives au moyen de l'amidon et

du glucose. Avec l'amidon, le développement est plus abondant : pour 8 gr. d'amidon le poids sec de mycélium est de 1 gr. 716, soit un rendement de 1,716 : 8 = 0,21.

L'utilisation est complète en 2 mois : le liquide ne présente plus alors la réaction de l'amidon vis-à-vis de l'iode et il n'a pas d'action sur la liqueur de Fehling. Le glucose donne un rendement supérieur encore, soit 0,36.

En somme, le xylane, substance constitutive de la membrane lignifiée, est susceptible d'être hydrolysée par le *Xylaria* et de lui fournir le carbone nécessaire à son développement; mais le rendement en mycélium sec est assez faible. Si on fait le rendement du xylase égal à l'unité, celui de l'amidon sera égal à 2, celui de la solution gélatinisée de glucose à 3,3. En outre, le milieu à base de xylane ne permet pas le développement complet du Champignon qui ne produit que du mycélium. J. Beauverie (Lyon).

Hans Molisch. — **Die Eisenbakterien** (Iéna, G. Fischer, 1 vol. de 83 pages, 3 planches col., 13 figures dans le texte, 5 marks).

L'auteur, très connu par ses beaux travaux sur la physiologie des ferro-bactéries, s'est proposé, en écrivant ce livre, de réunir toutes les connaissances acquises sur ce groupe si curieux de bactéries. Toutes les questions morphologiques, physiologiques et taxonomiques qui s'y rattachent sont traitées en détail.

Le livre comprend sept chapitres : I. Présence et dissémination des ferro-bactéries; II. Description des nouvelles espèces de ferro-bactéries ; III. Cultures des ferro-bactéries; IV. Physiologie des ferro-bactéries et hypothèse de Winogradsky ; V. Organismes (algues) ferrugineux différents des ferro-bactéries; VI. Les ferro-bactéries et leurs rapports avec la production des minerais de fer; VII. Les ferro-bactéries et leur importance pratique.

Deux chapitres méritent spécialement d'attirer l'attention : celui qui traite des cultures pures des ferro-bactéries et celui qui est consacré à la physiologie de ces organismes, car l'auteur y expose ses recherches personnelles.

On sait que l'auteur a pu réaliser le premier des cultures pures de ferro-bactéries. Le procédé est le suivant : il consiste à employer l'eau de la Moldau (qui est le milieu naturel des ferro-bactéries) et d'y ajouter certaines substances organiques et minérales : peptone, carbonate ou acétate de manganèse, sulfure de fer, tartrate ferro-ammoniacal. Le liquide est placé dans un vase recouvert d'une plaque de verre, à température ordinaire. La lumière n'a pas d'action sur la croissance des ferro-bactéries. L'auteur a pu ainsi obtenir, au bout de 3 à 4 jours, une végétation de *Leptothrix ochracea*. On arrive au même résultat avec des milieux solides : eau de Moldau, 1.000 gr.; peptone manganique, 0,10; gélose, 10.

Relativement à la physiologie des ferro-bactéries, on sait, d'après WINOGRADSKY, que ces organismes ne pousseraient que dans l'eau contenant du carbonate de fer et que ce serait la chaleur dégagée lors de la transformation du protoxyde de fer en peroxyde qui leur donnerait l'énergie nécessaire à leur développement. Molisch n'admet pas cette théorie, car ses recherches établissent que le fer n'est pas indispensable à la vie des ferro-bactéries. Il peut être remplacé par le manganèse et d'autres substances.

A. GUILLIERMOND.

KAREL SULC. — **" Pseudovitellius " und ähnliche gewebe der Homopteren sind Wohnstatten symbiotischer Saccharomyceten.** *Sitzuungsber. d. Kŏnig. Bölme. Ges. der Wissensch. in Prag.*, 30 mars 1910).

U. PIERANTONI. — **Ulteriori osservàzioni sulla simbiosi erediteria degli omotteri.** *(Zool. Anz.* T. XXXVI, 23 août 1910).

Les études faites sur les corps adipeux des Homoptères ont montré l'existence dans ces corps d'organes spéciaux qui ont reçu des noms différents, mais qui paraissent avoir une certaine analogie et dont on ignore jusqu'ici le rôle : tels sont le pseudovitellius et le corps vert décrits par HUXLEY, LUBBOCK et BALBIANI dans les embryons des divers Aphides, les masses polaires observées par HEZMANS dans les œufs de Cicadés, le corps ovale trouvé par BERBÈSE dans le genre Dactylopius.

KAREL SULC montre que le pseudovitellius des Hemoptères résulte d'une inflammation produite par l'introduction de levures dans certaines cellules du corps adipeux. Ces levures constituent, d'après cet auteur, une véritable symbiose et ont donné naissance à des organes constants se transmettant héréditairement par l'œuf. Ces organes (pseudovitellius de HUXELEZ et LUBBOCK), auquel l'auteur donne le nom de *mycétome*, joueraient un rôle analogue à celui des ganglions lymphatiques et de la rate; ils protégeraient l'insecte de l'invasion par les bactéries, par suite des levures contenues dans leur intérieur et qui, comme l'ont démontré les recherches de HAYDUCK et de FERNBACH, ont un pouvoir bactéricide très marqué.

KAREL SULC décrit les espèces rencontrées dans le pseudovitellius : quelques-unes sont des levures ordinaires, bourgeonnantes, parmi lesquelles une espèce, le *S. macropsidis laniomis* se rapproche beaucoup de *S. apiculatus.* Les autres se multiplient par cloisonnement transversal et se rapportent par conséquent aux *Schizosaccharomyces*; l'une d'elles, le *Sch. aphalaræ calthæ* semble présenter une copulation à l'origine de l'asque. Enfin, d'autres espèces se multiplient également par cloisonnement transversal, mais différent des *Schizosaccharomyces* par le fait que le cloisonnement s'opère suivant

un angle et que les cellules filles restent généralement attachées les unes aux autres par un côté de leur membrane, constituant des chaînes d'une vingtaine de cellules. Aucune formation de spores n'a été observée. L'auteur crée pour ces espèces un genre nouveau, le genre *Cycadomyces*.

De son côté, PIERANTONI arrive à des résultats analogues pour les *corps ovale* de *Scerya purchasi* et de *Dactylopius citri*. Ces corps sont constitués de grosses cellules qui renferment un noyau amiboïde et un cytoplasme rempli de levures que l'auteur a pu cultiver. Ces levures se transmettent héréditairement par les œufs et se localisent dans certaines cellules pendant le développement de l'œuf, pour former le corps ovale. PIERANTONI a constaté également des inclusions de levures dans la *masse polaire* des Cicadés. Il admet que les corps décrits sous le nom de *masse polaire*, *corps ovale*, *corps vert* et *pseudovitellius* sont homologuables et représentent des groupes de cellules remplies de levures qui vivent en symbiose avec l'insecte.

Les homoptères vivent aux dépens des végétaux et absorbent par conséquent une grande quantité de sucre et d'amidon. Une partie de ces hydrates de carbone sont assimilés, le reste parvient dans l'intestin et doit être éliminé. PIERANTONI pense que les levures contenues dans le corps ovale serviraient à la transformation et à l'élimination de ces hydrates de carbone, en les faisant fermenter et les transformant en CO^2 et alcool.

A. GUILLIERMOND.

G. ANDRÉ. — **Étude chimique du développement d'une plante bulbeuse ; I. Variations du poids de la matière sèche** (*Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. VII-VIII, nos 16, 17, 1910. pages 865-869).

En cultivant des bulbes d'Oignon commun dans une terre riche en éléments nutritifs, l'auteur a constaté que, non seulement les bulbes ne se sont pas épuisés au cours du développement, mais, à mesure que la tige apparaissait, portant des fleurs et des fruits, les bulbes grossissaient et augmentaient le poids de leur matière sèche. ANDRÉ a entrepris, en opérant sur un grand nombre de bulbes, récoltés à des époques différentes, d'étudier les variations que subissent la matière sèche, l'azote, les cendres totales et leurs éléments, dans la partie aérienne et dans la partie souterraine au cours du développement de ces bulbes.

Les bulbes ont été plantés en avril, et des lots de plantes ont été récoltés en mai, juin, juillet et septembre. Dans une première série de recherches, l'auteur a déterminé : 1° pour les bulbes à leur état initial; 2° pour les plantes récoltées à ces différentes époques, le poids de la matière fraîche, celui de la matière sèche, celui des cendres,

celui de la matière sèche moins les cendres, celui de l'eau rapporté à 100 parties de matières fraîches.

Les résultats obtenus dans ces recherches sont les suivants :

Le poids de la matière fraîche augmente régulièrement de mai à juillet, puis décroît de juillet à septembre, aussi bien pour la partie aérienne que pour la partie souterraine.

Le poids de la matière sèche et celui de la matière sèche moins les cendres varient de la même manière que le poids de la matière fraîche.

La proportion d'eau diminue très faiblement de mai à septembre.

Le poids des cendres augmente régulièrement de mai à septembre dans la partie aérienne. Dans la partie souterraine, il augmente de mai à juillet et diminue de juillet à septembre.

R. COMBES.

G. ANDRÉ. — **Étude chimique du développement d'une plante bulbeuse ; II. Variations des poids de l'azote et des matières minérales** *(Bulletin de la Société chimique de France,* 4e série, t. VII-VIII, nos 18-19, pages 927-933, 1910).

L'auteur étudie les variations du poids de l'azote total et des aliments minéraux, qui surviennent dans le développement d'une plante bulbeuse, l'Oignon commun, chez laquelle le bulbe augmente considérablement de poids.

Environ un mois après la plantation des bulbes, l'analyse montre que ceux-ci ont subi une diminution de la quantité de matière organique qu'ils renfermaient, tandis que leur contenu en matière minérale a, au contraire, augmenté. Cette augmentation porte sur la chaux, la magnésie, la silice et la potasse; l'acide phosphorique et l'azote ont diminué. Pendant cette période, les parties aériennes formées ont emprunté une partie de leurs constituants au bulbe; mais la plus grande part a été prise à l'atmosphère et au sol. Après cette première période, tous les éléments salins augmentent régulièrement dans les organes aériens, ainsi que dans les organes souterrains.

Il existe un rapport sensiblement constant, dans la partie souterraine, entre l'emmagasinement de l'azote et celui de l'acide phosphorique, de même qu'entre l'emmagasinement de la chaux et celui de la magnésie.

Pendant tout le développement, il existe un équilibre minéral, qui se maintient d'une manière très nette. Dans les organes aériens comme dans les organes souterrains, la somme des quantités de potasse et d'acide phosphorique reste toujours constante; il en est de même de la somme : chaux + magnésie.

Les parties souterraines reçoivent directement du sol les matières minérales; celles-ci montent en grande partie dans les organes aériens

où elles subissent une élaboration, puis elles redescendent dans les bulbes.

Le mouvement descendant de migration des éléments minéraux et de l'azote cesse après la floraison; à ce moment, toutes les substances nutritives se dirigent vers les graines; la nutrition du bulbe s'arrête.

R. COMBES.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

L'éminent botaniste, le Professeur KNY, de l'Université de Berlin, doit quitter l'enseignement à la fin du premier semestre de l'année scolaire 1910-1911.

***

M. P. DOP est chargé d'un cours de Botanique à l'Université de Toulouse pour l'enseignement du P.C.N.

***

Mme Paul LEMOINE, a soutenu devant la Faculté des Sciences de Paris, une thèse de doctorat ès sciences intitulée : *Structure anatomique des Mélobésiées.*

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. PETITS

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-TROISIÈME

Livraison du 15 Avril 1911

N° 268

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1911

LIVRAISON DU 15 AVRIL 1911

I. — LES OPINIONS ACTUELLES SUR LES PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES QUI ACCOMPAGNENT LA CHUTE DES FEUILLES, par **M. Raoul Combes** . . . 129

II. — SUR UNE GALLE DU CHÊNE PROVOQUÉE PAR *ANDRICUS RADICIS* (CYNIPIDE), avec figures dans le texte, par **M. Georges Denizot** 165

III. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 176

Cette livraison renferme en outre quatre figures dans le texte.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V^e^).

LES OPINIONS ACTUELLES

sur les Phénomènes physiologiques qui accompagnent

LA CHUTE DES FEUILLES

par M. Raoul COMBES

I

Opinion suivant laquelle les substances contenues dans les feuilles qui tombent sont inutiles à la plante

Dans la troisième édition de son traité de Botanique, Sachs (1) s'exprime de la manière suivante sur les phénomènes de migration qui se produisent chez les végétaux au moment de la chute des feuilles :

« Quand, vers la fin de la période végétative, les feuilles se » vident et que toutes les parties annuelles meurent, non seulement » l'amidon que les organes ont formé en dernier lieu, mais encore la » substance même des grains de chlorophylle se redissolvent, et, » traversant le pétiole, se rendent aux réservoirs nutritifs. Les » feuilles se vident; toutes les substances encore utilisables qu'elles » renfermaient sont incorporées aux organes vivaces. Elles se déco- » lorent : ordinairement il reste dans les cellules du mésophylle, » comme débris des grains de chlorophylle dissous, une quantité » de très petits grains jaunes brillants; c'est pourquoi les feuilles » vidées jaunissent en automne, et quand elles paraissent rouges, » cela provient d'un liquide rouge qui, outre les petits grains

(1) *Traité de Botanique* de J. Sachs; traduction française de la 3e édition par Ph. Van Tieghem, 1874, p. 831.

» jaunes, remplit leurs cellules. En outre, les feuilles qui tombent » renferment souvent d'énormes quantités de cristaux d'oxalate » de chaux. Les principes minéraux qui sont précieux pour les » plantes, l'acide phosphorique et la potasse, notamment, émi- » grent avec l'amidon et les corps protoplasmiques vers les organes » vivaces. Au moment de leur chute, les feuilles ne consistent donc » plus qu'en un échafaudage de membranes cellulaires, dont les » cavités ne renferment que des produits secondaires de trans- » substantiation, devenus sans utilité pour la plante. »

Cette manière de concevoir les phénomènes de migration qui se produisent des feuilles vers les organes vivaces, à la fin de la végétation, chez les plantes à feuilles caduques, a été admise depuis très longtemps par la plupart des botanistes, et aujourd'hui encore beaucoup d'entre eux pensent qu'au moment où les feuilles se détachent des arbres, en automne, les tissus qui constituent ces feuilles ne renferment plus, à ce moment, que des substances inutiles pour les plantes dont elles se séparent.

En écrivant les lignes reproduites ci-dessus, Sachs ne rappelait pas des conclusions résultant de faits précis mis en évidence par des recherches expérimentales ; la manière dont il expliquait les phénomènes qui se produisent dans la feuille avant sa chute était tout à fait hypothétique ; elle était basée sur les connaissances que l'on possédait à cette époque relativement à la production des matières carbonées dans les organes verts, et au transport continu de ces substances dans les différentes parties des végétaux, ainsi que sur les résultats de recherches entreprises dans des conditions telles qu'elles ne pouvaient donner que de faibles renseignements sur cette question. Tandis que certains physiologistes conservèrent, dans la suite, aux considérations formulées par Sachs, leur caractère hypothétique, d'autres leur donnèrent la valeur de faits démontrés expérimentalement ; c'est ainsi que, pour certains auteurs, toutes les substances contenues dans les feuilles caduques au moment où ces organes se détachent des parties vivaces, furent considérées comme des matières inutiles et même nuisibles pour ces parties.

L'existence, dans les feuilles tombées, de substances déterminées, devint même un critérium de l'inutilité, et, pour certains, de la toxicité de ces substances.

En étudiant le rôle physiologique joué par les divers composés

contenus dans les végétaux, de nombreux auteurs ont admis que les substances qui se trouvent dans les feuilles ou même dans d'autres organes caducs au moment où ces feuilles et ces parties caduques se détachent du reste de la plante, sont, pour cette raison, des substances de déchet, inutiles ou nuisibles à la plante. Telle substance existant dans la feuille, au moment de sa chute, ou dans le rhytidome, au moment de son exfoliation, ne pouvait, d'après eux, être considérée comme une substance de réserve, mais devait au contraire être classée parmi les matériaux inutiles à la plante ; telle autre, émigrant de l'organe caduc vers les parties persistantes avant que la séparation ne se produise, était considérée comme substance de réserve, ou tout au moins comme substance utilisable.

Ce critérium a été invoqué par la plupart des physiologistes qui ont entrepris des recherches sur la localisation des principes immédiats contenus dans les végétaux, pour tirer des résultats obtenus par eux, des renseignements sur le rôle physiologique joué par les principes qu'ils étudiaient.

Avant de chercher quelle valeur doit être attribuée à ce critérium, je vais prendre quelques exemples parmi les travaux de microchimie parus au cours de ces dernières années, pour comparer entre eux les différents résultats fournis par l'application de cette manière de voir et pour les comparer aussi avec ceux qui ont été fournis par d'autres méthodes.

II

Influence de l'opinion précédente sur les déductions tirées des recherches microchimiques

Dans son important travail relatif à la localisation de plusieurs glucosides et de plusieurs tanins chez les végétaux, A. Goris (1) constate par exemple que, chez l'*Æsculus Hippocastanum* L., l'esculine, après s'être accumulée principalement dans la région externe de l'écorce, est rejetée avec le rhytidome. L'auteur pense qu'il est permis de conclure de ce fait que l'esculine « est une excré-

(1) Albert Goris. *Recherches microchimiques sur quelques glucosides et quelques tanins végétaux.* Thèse pour le Doctorat ès sciences naturelles. Paris, 1903.

» tion ou, tout au moins, un résidu de l'activité cellulaire, un produit » de désassimilation inutile aux besoins du végétal. » Cependant, en localisant l'esculine dans la feuille aux différentes périodes de l'année, Goris montre, d'autre part, qu'au printemps, ce glucoside, ainsi que le tanin auquel il semble combiné, sont abondants dans la plupart des tissus de la feuille. Au mois d'août, les réactions qui permettent de localiser l'esculine et le tanin ne donnent plus de résultats bien nets que dans le liber des feuilles, ce qui paraît montrer que les produits en question sont en voie de transport vers les parties vivaces. Enfin, chez les feuilles jaunes qui se détachent de l'arbre en octobre, aucun des tissus ne donne les réactions nettes de l'esculine et des tanins; ces composés disparaissent donc des feuilles à la fin de la période végétative. L'auteur ne tire de cette dernière série de faits aucune conclusion relative au rôle de l'esculine. Mais on peut remarquer que, si nous voulons appliquer la manière de voir de Sachs à ces faits particuliers, très bien étudiés par Goris, nous aboutissons à une contradiction.

C'est surtout dans l'interprétation des résultats relatifs à la variation des principes cyanogénétiques chez les végétaux, que l'hypothèse de l'évacuation, en automne, vers les parties vivaces, des composés utiles contenus dans les feuilles, a joué un rôle important.

Dans ses beaux travaux relatifs à la question des plantes à composés cyanogénétiques, Léon Guignard a constaté que ces substances ne se conduisent pas toujours de la même manière quant à leur localisation dans les feuilles, aux différents stades du développement de la plante qui les renferme.

Le 4 septembre 1905, Guignard (1) fait connaître l'existence d'un glucoside cyanogénétique dans divers Groseilliers. Le glucoside, qui existe surtout dans la feuille, mais aussi dans la tige et les racines, diminue, dans la feuille, à la fin de la période végétative.

Au contraire, chez le Sureau noir, le même auteur (2) constate que la quantité de glucoside cyanogénétique contenue dans les

(1) L. Guignard. *Sur l'existence, dans certains Groseilliers,* d'un *composé fournissant de l'acide cyanhydrique.* (C. R. — T. CXLI, 1905, p. 448).

(2) L. Guignard. *Nouvelles observations sur la formation et les variations quantitatives du principe cyanhydrique du Sureau noir* (Bulletin des Sciences pharmacologiques, 1906, T. XIII, p. 65).

feuilles ne varie pas sensiblement au cours d'une année. Au moment où ces organes vont se détacher de la plante, ils renferment autant de composé cyanique que lorsqu'ils sont en pleine végétation.

Dans la note relative à ses recherches sur les Groseilliers, Guignard avait montré que, si l'on considère la présence et la localisation des principes cyanogénétiques comparativement dans les divers organes des Groseilliers et dans ceux des Sureaux, on constate entre ces deux groupes de plantes la plus grande analogie. Cependant, tandis que dans les Sureaux, le glucoside cyanogénétique tombe avec les feuilles en automne, dans les Groseilliers, il disparaît progressivement des feuilles à partir du moment où l'activité végétative commence à devenir moindre, et lorsque ces organes tombent ils n'en contiennent que de très petites quantités.

Voici donc deux types de plantes, les Sureaux et les Groseilliers, chez lesquels les glucosides cyanogénétiques se comportent de la même manière à beaucoup de points de vue, mais non en ce qui concerne leur migration à la fin de la période végétative; si l'on admet que la manière dont se produit cette migration puisse nous renseigner sur le rôle des substances productrices d'acide cyanhydrique, ceci nous amènerait à considérer celles qui sont contenues dans le Sureau comme des composés inutiles à la plante, et au contraire, celles que renferment les Groseilliers comme des substances nutritives.

Dans son Mémoire relatif à la formation et aux variations quantitatives du principe cyanhydrique du Sureau noir (1), Guignard fait quelques restrictions sur la valeur du critérium qui nous occupe. Il rappelle que, si l'on admet généralement l'émigration, vers la fin de la période végétative et chez les plantes à feuilles caduques, des substances nutritives minérales ou organiques accumulées dans les feuilles, vers les organes vivaces, certains auteurs, et parmi eux Wehmer (2), pensent au contraire, qu'une partie souvent très notable des matériaux de ce genre, est encore contenue dans la feuille qui se détache de l'arbre en automne, et se trouve en réalité perdue pour la plante.

En considération de ces faits, et après avoir constaté que les variations quantitatives, aux différentes périodes de l'année, du

(1) L. Guignard. *Bulletin des Sciences pharmacologiques*, loc. cit.

(2) C. Wehmer. *Die dem Laubfall voraufgehende vermeintliche Blattentleerung* (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft B.X, 1892, p.152-163).

glucoside cyanhydrique contenu dans les feuilles du Sureau noir sont extrêmement faibles, et que, vers la fin de la période végétative, ce composé n'émigre pas en nature dans la tige et reste dans la feuille qui tombe, Guignard croit devoir ne tirer aucune conclusion précise quant au rôle physiologique des composés cyanogénétiques dans le Sureau.

« Si l'on envisage, dit-il, les variations quantitatives du glucoside cyanhydrique dans les feuilles du Sureau noir aux différentes périodes de leur existence, on constate que ce principe n'y présente, avec l'âge, qu'une faible diminution. Vers la fin de la période végétative, il n'émigre pas en nature dans la tige et reste dans la feuille qui tombe.

» Toutefois, si, dans le cas actuel, ce glucoside ne semble pas être une substance de réserve, au même titre que divers hydrates de carbone auxquels on aurait pu le comparer, il n'en est pas moins permis de supposer, par comparaison avec ce qui se passe chez d'autres plantes à acide cyanhydrique, que, dans le cours de la végétation, il subit une métamorphose de nature encore inconnue, au fur et à mesure qu'il est élaboré dans les tissus chlorophylliens. »

Dans un travail relatif aux glucosides cyanogénétiques des Passiflorées, publié en novembre 1906 (1), Guignard fait connaître que le principe cyanogénétique contenu dans les feuilles du *Passiflora cœrulea* est aussi abondant au moment de la chute de ces organes que pendant leur période de végétation la plus active : l'auteur rappelle qu'il en était de même dans les feuilles de Sureau, et ajoute que ces faits paraissent démontrer que ce composé ne joue pas dans ces plantes le rôle d'une substance de réserve.

Greshoff (2) adopte cette dernière manière de voir. « Dans les feuilles de *Sambucus* et de *Ribes*, dit-il, il reste au moment de leur chute, d'après les observations de M. Guignard, des combinaisons cyanhydriques, que l'auteur ne peut donc envisager comme matières de réserve. »

En 1908, rappelant que chez le Sureau noir, le glucoside cyanhy-

(1) L. Guignard. *Sur l'existence d'un composé cyanique chez les Passiflorées.* (Bulletin des Sciences pharmacologiques, novembre 1906, T. XIII, p. 603).

(2) Greshoff. *Sur la distribution de l'acide cyanhydrique dans le règne végétal.* (Bulletin des Sciences pharmacologiques. Novembre 1906, T. XIII, p. 589.

drique n'émigre pas dans la tige et reste dans la feuille au moment de la chute, Guignard (1) fait observer qu'on pourrait se demander « au premier abord, si, dans cette plante, le corps en question » représente réellement une substance nutritive. » Quelques lignes plus loin, il s'exprime de la manière suivante. « M. Treub (2) a cons-» taté que, chez une quarantaine d'espèces, appartenant à des genres » différents, cultivées au Jardin botanique de Buitenzorg, les prin-» cipes cyanhydriques disparaissent des feuilles avant leur chute, » excepté dans une seule espèce, l'*Indigofera galegoides*, qui pré-» sente par conséquent la même particularité que le *Sambucus* » *nigra.*

» Si donc on fait abstraction de ces deux cas, qui pour le » moment restent exceptionnels, on peut dire que les glucosides » cyanhydriques constituent effectivement des substances nutri-» tives pour la plante qui les produit. Il est possible, d'ailleurs, » que leur rôle varie plus ou moins suivant leur constitution. »

Il résulte donc des différentes considérations rappelées ci-dessus que Guignard n'admet pas sans conteste l'inutilité de toutes les substances contenues dans les feuilles au moment de leur chute, et conserve à cette notion son caractère hypothétique.

Résumant, en 1907, l'état de la question de l'acide cyanhydrique chez les végétaux, P. Guérin (3) termine de la manière suivante l'exposé des travaux qui ont été faits jusqu'à cette époque sur ce sujet.

« En admettant que l'acide cyanhydrique serve dans certains » cas à l'édification des matières albuminoïdes, il faut bien convenir » que son rôle nous échappe complètement, lorsqu'il se trouve » engagé dans ces molécules complexes qui constituent les glucosides. » Si les feuilles de Sureau et de Passiflore contiennent encore, » à l'arrière-saison, au moment de leur chute, la même quantité » de glucoside cyanogénétique que durant les mois précédents, » il semble bien difficile en effet d'attribuer à ce corps le rôle d'une » substance de réserve. »

(1) L. Guignard. *Sur la métamorphose des glucosides cyanhydriques pendant la germination.* (C.R. Novembre 1908, T. CXLVII, page 1023).

(2) Treub. *Nouvelles recherches sur le rôle de l'acide cyanhydrique dans les plantes vertes* (II). Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e série, t. VI, 1907, p. 79-106.

(3) P. Guérin. *Les Plantes à acide cyanhydrique.* (Revue scientifique, 1907).

On voit donc que pour P. Guérin, la persistance des glucosides cyanogénétiques dans les feuilles qui se détachent des plantes est le seul argument qui empêche de considérer ces substances comme des composés de réserve.

En 1908, Gerber et Cotte (1), ayant dosé l'acide cyanhydrique dans les différents organes du *Centaurea aspera*, ont constaté que les feuilles mortes de la base des tiges renferment une proportion d'acide cyanhydrique inférieure (0,252 p. 1.000) à celle qui se trouve dans les feuilles vertes (0,842 p. 1.000). Cette quantité d'acide cyanhydrique encore contenue dans les feuilles mortes est toutefois assez importante. Gerber et Cotte remarquent que ce résultat s'ajoute à ceux obtenus par Guignard relativement à la teneur en acide cyanhydrique des feuilles du Sureau noir et de la Passiflore bleue, « pour poser un point d'interrogation au sujet du rôle de » substances de réserve que l'on serait tenté d'attribuer aux gluco- » sides cyanogénétiques. »

De son côté, Treub (2), en 1909, semble n'accorder que peu de confiance à l'hypothèse de la disparition des principes nutritifs de la feuille à la fin de la période végétative. Ce savant botaniste avait constaté, chez l'*Indigofera galegoides*, un phénomène analogue à celui qui a été mis en évidence par Guignard chez le *Sambucus nigra*; les feuilles de l'*Indigofera* contenaient encore, au moment de leur chute, à peu près autant de glucoside cyanhydrique qu'à une époque antérieure.

Treub (3) ne pense pas que ces faits permettent de mettre en doute le rôle nutritif des principes cyanhydriques chez les végétaux, toutes les autres données connues sur ce sujet constituant autant de preuves de leur rôle important dans la nutrition des plantes qui les renferment : « les deux exceptions dont il s'agit, dit-il, ne sauraient » infirmer l'hypothèse générale sur l'importance des principes cyan-

(1) C. Gerber et J. Cotte. Sur la présence d'un glucoside à acide cyanhydrique dans le *Centaurea aspera* L. (Comptes rendus des séances de la Société de Biologie. Juillet 1908).

(2) Treub. *Nouvelles recherches sur le rôle de l'acide cyanhydrique dans les plantes vertes*, III. (Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg, 2e série. vol. VIII, p. 94).

(3) Treub. *Nouvelles recherches sur le rôle de l'acide cyanhydrique dans les plantes vertes*, II. A. (Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e série, vol. VI, p. 80-88).

» hydriques dans la nutrition de la plante. Les glucosides que le » *Sambucus* et l'*Indigofera* perdent avec les feuilles tombantes, con- » tiennent beaucoup plus de glucose què d'acide cyanhydrique et » pourtant personne ne pensera à invoquer les deux cas en question » comme arguments contre l'importance nutritive du glucose dans » la plante. »

Treub pense que la persistance des glucosides cyanhydriques dans les feuilles de certaines plantes, jusqu'à la fin de la période végétative, peut s'expliquer de la manière suivante : il est possible que ces glucosides « prennent une part plus ou moins active au » métabolisme de la feuille, de telle façon que formation et trans- » formation se balancent. Ce bilan resterait à peu près le même jus- » qu'au dernier moment, et alors les éléments actifs de la feuille » manqueraient d'énergie pour éviter la perte des principes nutri- » tifs, en les faisant émigrer vers la tige. »

En dosant l'acide cyanhydrique dans les feuilles de divers *Passiflora*, à des époques différentes de l'année, le même auteur a obtenu à Java des résultats différents de ceux que Guignard avait fait connaître relativement à la variation du principe cyanogénétique dans les feuilles du *Passiflora cœrulea* cultivé en France. Treub constate que, chez 13 espèces de *Passiflora*, la quantité d'acide cyanhydrique est beaucoup plus faible dans les feuilles qui vont tomber que dans celles qui sont en pleine végétation. Pendant toute la période active de la vie des feuilles, l'acide cyanhydrique ne diminue pas beaucoup en général. La diminution ne s'accentue qu'au moment où la chute est proche.

Nous verrons plus loin comment on peut expliquer les différences qui existent entre les résultats obtenus par ces deux auteurs.

Quoiqu'il en soit, Treub, d'après les lignes de lui citées plus haut, et qu'il répète encore dans ses conclusions générales, met nettement en doute la valeur du criterium qui nous occupe.

Tout récemment encore, Vintilesco (1), en étudiant les variations éprouvées au cours d'une année par un composé appartenant à un groupe de corps tout différent de celui des glucosides cyanogéné-

(1) Vintilesco. *Recherches biochimiques sur quelques sucres et glucosides.* (Thèse pour le Doctorat ès Sciences, 1910).

tiques, la syringine, s'est aussi basé sur la disparition de ce composé dans les feuilles de Troëne, au moment de leur chute, pour définir son rôle physiologique dans la plante qui l'a produit :

« La syringine, qui se trouve en quantités assez grandes dans » les feuilles en hiver, tend à disparaître, en même temps que le » sucre de canne, vers l'époque où les feuilles vont tomber.

» Aussi la syringine doit-elle être considérée, comme le sucre de » canne, non pas comme un déchet de l'activité végétale, mais » plutôt comme une matière de réserve, que la plante utilise dans » une certaine mesure. »

Il résulte de cet exposé que la manière dont varient les principes immédiats dans les feuilles à l'époque qui avoisine leur chute a été prise en considération par de nombreux auteurs, dans les déductions qu'ils ont tirées de leurs recherches, et que beaucoup d'entre eux se sont basés sur cette partie de leurs résultats pour définir le rôle physiologique joué par les principes qu'ils étudiaient.

Parmi ces auteurs, certains admettent sans discussion que les corps qui se trouvent dans les feuilles, au moment où ces dernières se détachent et tombent, ne peuvent être considérés comme des substances utiles; d'autres, et parmi eux il faut citer Guignard et Treub, font d'importantes restrictions à cette manière de voir. Nous avons constaté, au cours de cet exposé, que les conclusions tirées des faits en se basant sur cette notion, sont parfois tout à fait contradictoires entre elles, et que, dans certains cas, elles sont en complète opposition avec l'ensemble des données acquises, sur les sujets étudiés, par l'application de méthodes différentes.

Nous allons maintenant passer en revue les principaux résultats obtenus par les auteurs qui ont effectué des analyses quantitatives dans le but d'étudier les phénomènes qui accompagnent la chute des feuilles, et nous essayerons de déduire, de l'ensemble de ces travaux, quelle valeur il faut accorder à la conception dont nous venons de parler. Nous envisagerons successivement les recherches relatives aux variations subies par les matières minérales, par les substances azotées et par les composés hydrocarbonés.

III

Variations qui se produisent en automne dans les matières minérales des feuilles

Les auteurs qui ont étudié les variations subies, chez les plantes à feuilles caduques, par les matières minérales des feuilles, au cours de la végétation et plus particulièrement au moment de la chute des feuilles, ne sont pas d'accord sur le point qui nous occupe; certains admettent que les substances minérales les plus utiles à la plante émigrent des feuilles vers les parties vivaces avant que les feuilles ne soient détachées des tiges, d'autres mettent en doute cette émigration précédant la chute.

Les recherches de Th. de Saussure ont montré que la teneur en cendres augmente dans les feuilles à mesure qu'elles vieillissent; ce fait a été confirmé dans la suite par de nombreux auteurs.

Garreau (1) a incinéré un grand nombre de plantes appartenant à 17 espèces différentes; dans tous les cas il a constaté que la teneur en cendres augmente depuis la naissance de la feuille jusqu'à sa mort. Même chez les végétaux aquatiques, les feuilles les plus chargées en sels sont les plus anciennes.

Zoeller (2) a constaté que la teneur en cendres des feuilles de Hêtre augmente depuis le mois de mai jusqu'au mois d'octobre.

Grandeau et Fliche (3) ont également montré que, depuis l'époque de l'épanouissement des bourgeons jusqu'au moment de la chute des feuilles, ces dernières s'enrichissent en substances minérales.

On voit donc que le fait de l'augmentation de la teneur en cendres, dans les feuilles des arbres, depuis leur naissance jusqu'à leur mort, est parfaitement établi. Voyons maintenant comment varient les différents éléments de ces cendres.

Comme nous l'avons vu plus haut, Sachs (4) pense que la potasse,

(1) L. Gareau. *Annales des Sciences naturelles*, t. XIII, 4e série, 1860, p. 163.

(2) Zoeller. Cité dans Liebig : *Chemie in ihr. Anwend. auf Agrikult*, etc., 7 aufl., 1862, Bd II.

(3) Grandeau et Fliche. *Annales de chimie et de physique*, 5e série, T. VIII, août 1876.

(4) Sachs. *Flora*. — 1863, p. 200. — *Lehrbuch der Botanik*, 3 aufl., 1873, p. 619. — *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*, 2 aufl., 1887, p. 312.

et la plus grande partie de l'acide phosphorique émigrent de la feuille vers les parties vivaces avant la chute.

Zoeller (1) a effectué un certain nombre d'analyses sur des feuilles récoltées à des périodes différentes; mais les résultats publiés par cet auteur ne peuvent nous donner que peu de renseignements sur la question de l'émigration, à cause de la manière dont ils sont exposés et des conditions dans lesquelles les récoltes de feuilles ont été faites. Les quantités des différents corps dosés sont rapportées, non à une feuille ou à un certain nombre de feuilles, mais à 100 grammes de cendres; d'autre part, Zoeller dit avoir opéré les analyses de feuilles tombées, sur des feuilles qui étaient recouvertes d'une couche de glace au moment de leur récolte, et qui furent séchées au laboratoire; de tels organes avaient évidemment subi des pertes dans leurs substances solubles depuis le moment où ils avaient été séparés des parties vivaces. Dans les conditions où il a opéré, Zoeller remarque une diminution de la potasse et de l'acide phosphorique dans les feuilles en train de mourir.

Liebig (2) constate que les feuilles tombées renferment une faible proportion d'acide phosphorique et il fait remarquer que la petite quantité de ce corps contenue dans les feuilles mortes des forêts ne permet pas d'expliquer leur nocivité.

Kraus (3) adopte l'opinion de Sachs et croit à une émigration de la potasse et de l'acide phosphorique vers les organes vivaces, avant la chute.

Rissmüller (4) a étudié, comme Zoeller, la variation des substances minérales dans les feuilles du Hêtre, en faisant des analyses de ces feuilles à différentes époques de l'année. Comme Zoeller, Rissmüller tire de ses résultats des conclusions relatives au mouvement de substance, en se basant sur la variation de la proportion des différents composés contenus dans 100 grammes de cendres. D'après cet auteur, la potasse et l'acide phosphorique ne s'accumulent pas dans les feuilles, ces composés en émigrent constamment à mesure qu'ils y arrivent, de sorte qu'à la fin de la végétation ils ne s'y

(1) Zoeller. *Landwirthschaftlichen Jahrbuchern.* B. VI, 1864, p. 231.

(2) Liebig. *Die chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie.* 8 Aufl., 1865, B. II, p. 19.

(3) G. Kraus. *Botanische Zeitung*, 1873, n° 26.

(4) Rissmüller. *Landwirthschaftl. Jahrb.* Bd XVII, 1874, p. 17.

trouvent qu'en faible quantité. Ces conclusions ne doivent pas être prises en considération, étant établies sur une base mauvaise. Dans son Mémoire, Rissmüller donne, en outre de la proportion des différentes substances pour 100 grammes de cendres, qui lui paraît la plus intéressante, la teneur de lots de 100 feuilles récoltés chacun à un mois d'intervalle. Il résulte de l'étude de ces données que, vers l'automne, la chaux devient dix fois plus abondante dans les feuilles; la teneur en silice devient 50 fois plus grande; la potasse et l'acide phosphorique restent à peu près constants depuis le mois de mai jusqu'au mois de septembre, et subissent une diminution en octobre et novembre, après l'époque où les feuilles ont commencé à jaunir.

Dulk (1) a étudié les feuilles de Hêtre au même point de vue que Rissmüller et il a abouti à des résultats semblables. Il a montré d'autre part que chez les feuilles mortes, les substances solubles peuvent être entraînées par l'eau; il est donc permis de penser, comme l'a d'ailleurs fait remarquer plus tard Wehmer (2) que la diminution des substances solubles, mise en évidence par les analyses, peut être due en partie à l'influence de la pluie, du gel suivi de dégel, de la rosée, etc.

Dans les résultats obtenus par Dulk, au cours de ses analyses de feuilles de Hêtre, on voit que la teneur en potasse, rapportée à 1.000 grammes de substance fraîche, augmente jusqu'en octobre et subit une diminution en novembre; la teneur en fer diminue de mai à novembre; la proportion d'acide phosphorique est un peu plus forte dans les feuilles d'automne que dans les feuilles récoltées en mai; la teneur en soufre varie faiblement. Chez le *Pinus silvestris*, dont les feuilles sont persistantes, les feuilles de première et de seconde année renferment une même quantité de potasse, celles de troisième année sont beaucoup moins riches; la teneur augmente légèrement pendant la quatrième année. La proportion d'acide phosphorique diminue à partir de la première année de végétation jusqu'à la mort des feuilles.

Grandeau et Fliche (3) ont constaté que, dans les feuilles des arbres (*Robinia*, *Prunus avium*, *Castanea* et *Betula*), les proportions

(1) Dulk. *Landwirthschaftlichen Jahrbuchern*. Bd. XVIII, 1875, p. 188.
(2) Wehmer. *Loc. cit.*
(3) Grandeau et Fliche. *Ann. stat. agron. de l'Est*, 1878.

d'acide phosphorique et de potasse, rapportées à 1.000 gr. de substance fraîche, diminuent en automne, tandis que celles de la chaux, de la magnésie, du fer, et de la silice augmentent; il a été impossible aux auteurs d'établir une loi pour la soude et le manganèse. Quant au soufre, sa proportion reste constante pendant toute la durée de la vie de la feuille chez le *Robinia*, le *Betula* et le *Castanea*; elle diminue fortement du printemps à l'automne chez le *Prunus avium*.

Dans les arbres à feuilles persistantes (*Pinus austriaca*), la teneur en potasse augmente pendant la première année et se maintient constante pendant toute la durée de la vie des feuilles; la teneur en chaux, en magnésie, en fer et en soufre, augmente d'une manière continue depuis les premiers stades du développement de la feuille jusqu'à sa mort; la teneur en acide phosphorique diminue continuellement depuis la première année de végétation jusqu'à la mort des feuilles.

Reinke (1) accepte l'hypothèse d'une émigration de la potasse et de l'acide phosphorique, des feuilles vers la tige, en automne.

Detmer (2) admet également cette opinion, au moins pour ce qui concerne la potasse.

Pfeffer (3) pense que les phénomènes de circulation cessent quand l'activité assimilatrice des feuilles est arrêtée en automne. Il admet qu'à ce moment la désorganisation partielle des cellules rend disponible une certaine quantité de substances, mais il rappelle que Pæssler (4) a montré qu'une très faible quantité d'azote et de phosphore est seule récupérée par la tige dans la feuille avant sa chute. Il ajoute que la dessication de la feuille qui cesse de fonctionner empêche la migration vers les parties vivaces de beaucoup de substances. Pfeffer fait remarquer d'autre part que l'existence de substances solubles dans les feuilles âgées n'est pas une preuve de l'émigration de ces substances, et que ces dernières peuvent être enlevées par les agents extérieurs.

Frank (5) exprime des idées semblables à celles de Reinke;

(1) Reinke. *Lehrbuch d. allgem. Botanik.*, 1880, p. 479.
(2) Detmer. *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*, 1883, p. 60.
(3) Pfeffer. *Pflanzenphysiologie*, 1897.
(4) Pæssler. *Chem. Centralbl.*, 1892, II. p. 654.
(5) Frank. *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*, 1890, p. 202.

il considère que les organes devenus sans fonction se vident généralement.

Staffel (1) a fait des analyses sur des feuilles de Noyer et de Châtaignier récoltées à différentes périodes ; il résulte de ses recherches que, les données étant rapportées à un nombre déterminé de feuilles, la teneur de ces organes en acide phosphorique, en potasse et en chaux, est plus forte en août qu'en mai. D'autre part, des analyses faites sur les branches courtes des mêmes arbres ont montré qu'en automne il y a diminution, dans ces branches, de la teneur en potasse et en acide phosphorique, tandis que la teneur en chaux augmente.

En 1892, paraît le Mémoire de Wehmer (2) qui est une critique des travaux entrepris jusqu'alors à propos de l'émigration automnale. Wehmer rappelle que l'ensemble des recherches faites à ce sujet tend à montrer que les feuilles tombées sont relativement pauvres en substances utiles, ce qui a permis à certains auteurs de soutenir que la chute des feuilles est précédée d'une émigration vers les parties vivaces, des substances utilisables contenues dans ces feuilles. Wehmer doute des résultats de ces recherches, et pense que la question doit être soumise à une expérimentation nouvelle pour qu'il soit permis d'avoir une idée précise sur ce sujet. Il fait remarquer que les méthodes microscopiques ne peuvent donner de renseignements que sur la dissolution de l'amidon, ainsi que sur la décomposition des substances constituant le protoplasma et les chloroleucites ; elles ne permettent pas de définir le mouvement de ces corps dans un sens quelconque ; les méthodes analytiques quantitatives seules peuvent servir à étudier les phénomènes de migration.

Ce physiologiste met en évidence, dans quelques-uns des travaux entrepris sur l'émigration, l'existence d'une erreur qui se retrouve dans la plupart des Mémoires publiés sur ce sujet jusqu'en 1892 ; cette erreur, à laquelle nous avons fait allusion plus haut, consiste en ce que les auteurs ont basé les conclusions de leurs recherches sur des résultats d'analyses rapportés, non à un nombre déterminé de feuilles, mais à 100 parties de cendres, de substance sèche, ou de substance fraîche ; de telle sorte que ce ne sont pas les variations

(1) Staffel. *Arch. d. Pharm.*, (2), LXIV, p. 1 et p. 129.
(2) Wehmer. *Loc. cit.*

des quantités absolues des différents principes minéraux des feuilles qui sont envisagées aux différentes périodes de l'année, mais les variations de la proportion des divers composants dans 100 grammes de cendres, dans 100 grammes de substance sèche, ou dans 100 gr. de substance fraîche.

Wehmer montre que l'examen des résultats relatifs aux variations des quantités absolues des différents principes minéraux des feuilles suivant l'époque de l'année, ne permet pas d'admettre une émigration automnale. D'une manière générale, les auteurs mettent en évidence une constance approximative de l'acide phosphorique et de la potasse pendant la vie de la feuille, et leur diminution après la mort. Cette diminution de certaines substances dans les feuilles à la fin de la végétation ne se produit que lorsque les feuilles sont en train de mourir, lorsque l'assise de séparation qui détermine la chute des feuilles est déjà formée, par conséquent lorsque la feuille est physiologiquement séparée de la branche; pour Wehmer, cette diminution ne doit pas être rapportée à une émigration vers les organes vivaces, mais à une disparition mécanique sous l'influence des pluies, des gelées, de la rosée, etc.

En 1898, Ramann (1) donne les résultats d'analyses faites sur des feuilles encore vertes et sur des feuilles déjà jaunies, mais encore turgescentes. D'après cet auteur, dans les feuilles jaunes de Hêtre et de Chêne, la proportion d'acide phosphorique est inférieure de 1/4 à 1/2 à celle qui se trouve dans les feuilles vertes, tandis que chez les feuilles de Noisetier, la teneur reste la même. Malgré ce dernier résultat, il conclut à une émigration de l'acide phosphorique des feuilles vers les tiges pendant la période qui précède la chute.

En 1900, Tucker et Tollens (2) étudient, à diverses époques de l'année, les variations de la teneur en substances minérales des feuilles de Platane. Ils se mettent autant que possible à l'abri des lévigations opérées par la pluie et la rosée, en abritant les feuilles. Les conclusions de leurs recherches sont les suivantes : 1° la teneur

(1) Ramann. *Wandern die Nuhrstoffe beim Absterben der Blätter* ? (Zeitschrift fur Forst und Jagdwesen. XXX Jahrg., 1898. Résumé dans Bot. Zeitung. 1898, s. 231).

(2) Tucker et Tollens. *Uber den Gehalt der Platanenblatter an Nahrstoffen und die Verwendung dieser Nahrstoffe beim Wachsen und Absterben der Blatter...* (Journal für Landwirtschaft. 1900, Bd. XLVIII).

en cendres des feuilles de Platane augmente peu à peu jusqu'à la chute qui a lieu au début d'octobre, puis diminue ensuite; 2° les substances, telles que la chaux, la silice, la magnésie, l'acide sulfurique, considérées comme peu importantes, augmentent jusqu'à la mort ou subissent une faible diminution à la fin de la période végétative; l'acide phosphorique et la potasse, considérées comme substances utiles, diminuent environ de moitié en automne. Les résultats obtenus dans les analyses de feuilles non abritées et de feuilles abritées sont les suivants : 500 feuilles de Platane non abritées, récoltées le 24 octobre, ont fourni 148 gr. 8130 de substance sèche, comprenant 17 gr. 9706 de cendres; ces dernières renferment 0 gr. 9937 de potasse et 0 gr. 2439 de soude. 500 feuilles abritées contre la pluie, récoltées le même jour, ont produit 152 gr. 8367 de substance sèche contenant 19 gr. 3781 de cendres; ces cendres renferment 1 gr. 099 de potasse et 0 gr. 3211 de soude. Les feuilles abritées ont donc perdu, le 24 octobre, le dixième de leur potasse et le huitième de leur soude par entraînement sous l'influence des pluies ou de la rosée. Toutefois, les auteurs ont conclu de ces résultats que la perte de substances solubles par entraînement sous l'influence des agents extérieurs est assez faible, et que les diminutions observées par eux dans les proportions des substances considérées comme nutritives devaient être rapportées à une émigration vers les parties vivaces.

Il serait intéressant de reprendre ces recherches en prenant plus de précautions pour mettre les feuilles à l'abri des causes extérieures qui peuvent entraîner mécaniquement les substances solubles qu'elles contiennent, et en opérant non seulement sur des plantes comme le Platane, dont presque toutes les feuilles tombent lorsqu'elles sont encore vertes, mais sur des arbres comme le Chêne ou le Hêtre, dont les feuilles ne tombent qu'après avoir à peu près complètement cessé de vivre.

Fruwirth et Zielstorff (1) ont étudié, chez le Houblon, les variations subies par les substances minérales des feuilles et des tiges; ils ont constaté que la teneur en acide phosphorique et en potasse est plus faible dans les feuilles et les tiges récoltées en octobre que

(1) Fruwirth et Zielstorff. *Die herbstliche Rückwanderung von Stoffen bei der Hopfenpflanze.* (Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 1901. Bd. XV, S. 9-18).

dans celles qui sont récoltées en août. Julius Mohr (1), en opérant sur le Tabac, obtint des résultats comparables à ceux des auteurs précédents. Il effectua des analyses sur des feuilles séparées de la tige après leur complet développement, et séchées, ainsi que sur des feuilles récoltées en même temps mais cueillies avec les tiges sur lesquelles elles restaient insérées, et séchées dans ces conditions. Dans ses recherches, l'auteur a constaté que l'émigration des substances minérales vers la tige n'est pas aussi active pour toutes ces substances; la chaux et la magnésie restent presque entièrement en place; l'acide sulfurique émigre dans la proportion de 11 %; le chlore disparaît des feuilles plus rapidement encore. Mohr admet que l'émigration est d'autant plus marquée que les substances sont plus utiles pour la plante.

Pour Czapek (2), il semble, d'après les travaux de Tucker et Tollens, que la diminution notable de la teneur en potasse, qui ne se produit chez les feuilles qu'à la fin de la période végétative, puisse être expliquée par un retour de cette substance dans les tissus de réserve. Il fait observer que la soude ne paraît pas se comporter comme la potasse; quant à la silice, elle s'accumule dans les feuilles jusqu'à leur mort.

Dans une monographie relative à la biologie de la chlorophylle, Stahl (3) aborde la question de l'émigration. Cet auteur admet les reproches adressés par Wehmer aux physiologistes qui ont basé leurs conclusions relatives à l'émigration des substances minérales, sur la variation de la proportion de ces substances dans 100 gr. de cendres ou de substance sèche.

Stahl admet également que la lévigation par les pluies ou la rosée puisse jouer un rôle dans la diminution constatée dans la teneur en certaines substances minérales des feuilles mortes; mais il cesse d'accepter les idées de Wehmer lorsque ce dernier trouve un argument contre l'émigration automnale dans le fait que la diminution de matières observée par les auteurs se produit après la formation, à la base du pétiole, de l'assise de séparation. Stahl considère que

(1) Julius Mohr. Buitenzorg (Java). *Gepflückter und am Stamme getrockneter Tabak.* (Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 1903, Bd. LIX, Heft 3 et 4 S. 272).

(2) Czapek. *Biochemie der Pflanzen.* (Bd. II, p. 790-806).

(3) Ernst Stahl. *Zur biologie des Chlorophylls; Laubfarbe und Himmelslicht; Vergilbung und Etiolement.* (Iéna, 1909, p. 139-145).

l'assise de séparation ne peut empêcher l'émigration, car, même si on suppose qu'elle ne peut être traversée, les faisceaux vasculaires subsistent, chez les feuilles en train de se dessécher, à l'état de voies conductrices ininterrompues. Il invoque, à l'appui de cette idée, un Mémoire de Tison (1), dans lequel l'auteur fait connaître que, pour tous les cas étudiés par lui, le tissu parenchymateux des faisceaux vasculaires est presque complètement épargné par la cicatrisation aussi longtemps que la feuille ne tombe pas. Stahl rappelle également que Kienitz-Gerloff a montré que, dans les feuilles jaunes, les éléments du liber des nervures sont encore abondamment remplis de plasma. Nous verrons plus loin quelle valeur il faut attribuer à ces considérations.

Stahl pense que les faits connus à l'époque où il écrit ne permettent pas d'admettre comme démontrée l'idée d'une émigration automnale; il juge que cette question doit être soumise à une étude minutieuse. Il a lui-même essayé d'éclaircir ce point en faisant faire l'analyse de fragments de feuilles d'*Evonymus japonicus* prélevés dans des feuilles encore vertes et dans des feuilles jaunes. Il résulte de ces analyses que la teneur en acide phosphorique, en potasse, en fer, en chlore et en silice, est moindre dans les feuilles jaunes que dans les feuilles vertes; le contraire a lieu pour la chaux, la magnésie, la soude et l'acide sulfurique.

Stahl fait aussi connaître quelques-unes des conclusions d'un travail non encore publié de N. Swart. Pour ce dernier auteur, les feuilles jaunes renferment moins d'acide phosphorique et de potasse que les feuilles vertes; dans quelques cas, le fer et la magnésie sont aussi en plus faible quantité dans les premières que dans les secondes. Les travaux de Swart confirmeraient donc les anciennes indications relatives à l'émigration, et montreraient de plus que la diminution des substances considérées comme utiles est particulièrement importante pendant le stade de jaunissement qui a lieu avant la chute des feuilles.

Stahl conclut en insistant sur le fait de la diminution du phosphore; il paraît être partisan de l'opinion de l'émigration automnale, mais il considère que la question doit être reprise.

(1) A. Tison. ***Recherches sur la chute des feuilles chez les Dicotylédones*** (Mémoires de la Soc. Linn. de Normandie, 1900, T. XX, p. 193).

On peut déduire de cet exposé des principaux travaux relatifs à la variation des substances minérales dans les feuilles, en automne, que les résultats obtenus jusqu'ici ne peuvent permettre de savoir s'il y a ou s'il n'y a pas évacuation de substances des feuilles vers les tiges avant que les feuilles ne tombent. Le fait le plus généralement observé est une augmentation des cendres considérées dans leur ensemble; il y a, d'autre part, diminution de la teneur en potasse et en acide phosphorique en même temps qu'augmentation de la quantité de chaux au moment où les feuilles sont en train de mourir; les données relatives à la plupart des autres substances sont contradictoires. Or, il reste à savoir ce que sont devenues la potasse et l'acide phosphorique qui ont disparu des feuilles; s'accumulent-elles dans les parties vivaces ou sont-elles entraînées par les pluies, la rosée, le gel suivi de dégel, etc... ? Les recherches de Tucker et Tollens sont insuffisantes pour nous renseigner complètement sur ce point; ces auteurs sont les seuls qui aient essayé de déterminer le rôle joué par la pluie et la rosée dans la diminution de certains composés minéraux dans les feuilles d'automne; mais, comme je l'ai déjà fait remarquer, ils se sont adressés à un arbre, le Platane, dont les feuilles se détachent presque toujours lorsqu'elles sont encore vivantes; la faible influence exercée par la pluie et la rosée sur ces feuilles ne peut donc permettre de prévoir ce qui se passerait chez des feuilles qui meurent avant de tomber.

Comme on vient de le voir, la plupart des auteurs qui se sont occupés de déterminer les variations se produisant dans la teneur en substances minérales des feuilles, ont, dans l'interprétation de leurs résultats, divisé les composés qu'ils étudiaient en deux parties : l'une comprenant les substances utiles, dans laquelle ils plaçaient la potasse et l'acide phosphorique; l'autre comprenant les substances peu utiles ou inutiles, dans laquelle ils faisaient figurer la chaux, l'acide sulfurique, la silice, etc.

Une telle conception n'est pas acceptable; un grand nombre de faits s'opposent à cette considération de l'inutilité du magnésium, du soufre, du calcium, etc. Tout récemment encore, Hébert et Truffaut (1), en analysant un nombre considérable de plantes

(1) Hébert et Truffaut. *Sur la composition azotée et minérale de certaines plantes ornementales.* (Bulletin de la Société chimique de France, 4e série, T. VII-VIII, n° 1, 1910, p. 31.)

soumises à l'action rationnelle et raisonnée des engrais, ou cultivées dans des sols dépourvus d'engrais, ont constaté que les compositions relatives des plantes ayant reçu ou non des engrais sont à peu près semblables : « La différence entre les sujets ne porte que sur les quantités de matières, qui peuvent doubler, ces matières restant dans les deux cas sensiblement dans les mêmes proportions. » Cette constance de la teneur en silice, en chlore, en acide sulfurique, en chaux, en magnésie, aussi bien qu'en azote, en acide phosphorique, en potasse, chez des plantes développées dans des sols de composition différente, ne permet pas de considérer ces premières substances comme inutiles. D'ailleurs, cette notion de substances inutiles et de substances utiles, introduite dans les recherches entreprises sur la migration des composés contenus dans les végétaux, est un reste des idées finalistes qui ont inspiré les premiers travaux relatifs aux phénomènes physico-chimiques précédant la chute des feuilles; elle ne peut en rien contribuer à éclairer la question qui nous occupe.

Dans ce genre de recherches, il ne convient pas d'envisager à part, les variations subies par les substances considérées comme utiles, et celles subies par les substances considérées comme inutiles. Il est au contraire nécessaire d'étudier, sans idée préconçue sur l'utilité ou l'inutilité des composés, les variations subies par les différents éléments contenus dans les végétaux, en faisant intervenir dans l'interprétation des faits nos connaissances sur la solubilité des diverses substances étudiées, sur les modifications que peuvent subir ces substances sous l'influence de changements intervenant dans les conditions extérieures et intérieures, sur les causes qui peuvent déterminer ou entraver la précipitation ou la solubilisation des différents composés.

IV

Variations qui se produisent en automne dans les substances azotées des feuilles

Voyons maintenant quels ont été les résultats des recherches entreprises dans le but de déterminer les variations subies par les substances azotées contenues dans les feuilles, au moment où ces organes meurent et vont se détacher des parties vivaces.

La plupart des auteurs dont il vient d'être question ont étudié, en même temps que les changements éprouvés par les substances minérales, ceux qui sont subis par l'azote total, qu'il soit engagé dans des combinaisons minérales ou dans des combinaisons organiques.

Sachs, Reinke et Frank, admettent que les substances protéiques émigrent en automne des feuilles vers les tiges. Kraus admet également cette hypothèse; toutefois, il constate que dans les feuilles qui tombent en été, lorsqu'il fait très sec, le plasma des cellules persiste, ainsi que le noyau et les grains de chlorophylle.

Kerner (1) pense que le plasma reste dans le même état dans les feuilles mortes que dans les feuilles vivantes et persiste dans cet état.

Rissmüller et Dulk constatent, dans leurs analyses de feuilles de Hêtre, que les substances azotées diminuent beaucoup à partir du mois de septembre.

Kienitz-Gerloff admet, comme Kerner, que les substances plasmiques restent, dans les feuilles mortes, dans le même état que dans les feuilles vivantes.

Grandeau et Fliche ont observé que la teneur des cendres en azote diminue à mesure que les feuilles vieillissent.

Wehmer fait observer que Kerner et Kienitz-Gerloff ne tiennent pas compte de ce que l'on connaît sur les phénomènes de décomposition qui se produisent dans les cellules lorsque les feuilles meurent; il n'admet pas que le plasma reste, chez les feuilles mortes, dans le même état que chez les feuilles vivantes. A propos des résultats obtenus par Dulk, Wehmer fait observer que la diminution constatée dans la teneur en azote des feuilles d'automne doit être vraisemblablement rapportée à la lévigation produite par les pluies et la rosée.

Ramann constate une perte d'un quart de l'azote total au moment du jaunissement, chez les feuilles de Hêtre, de Chêne et de Noisetier. Tucker et Tollens observent, en automne, une diminution de moitié dans la teneur en azote des feuilles de Platane. Ces trois derniers auteurs concluent de leurs recherches à une émigration de l'azote des feuilles vers les tiges au moment du jaunissement.

(1) Kerner. *Pflanzenleben*. B. I, p. 330.

Fruwirth et Zielstorff constatent que les feuilles et les tiges de Houblon renferment moins d'azote en octobre qu'en août.

Dans ses recherches sur le Tabac, Julius Mohr conclut à une émigration très active de l'azote, des feuilles vers les tiges.

Stahl, ainsi que Swart, constatent, au moment du jaunissement, une diminution de la proportion d'azote contenue dans les feuilles. Stahl conclut des recherches faites par les divers auteurs jusqu'en 1909 que l'azote et le phosphore diminuent notablement dans les feuilles en automne. Il fait observer que les analyses faites jusqu'à cette époque montrent seulement que ces éléments sont éloignés des feuilles, mais ne font pas encore connaître sous quelle forme ils émigrent, et dans quels organes vivaces ils peuvent s'accumuler.

André (1) a comblé en partie une de ces lacunes en étudiant, dans les feuilles du Châtaignier, les variations subies au cours de l'année par les différentes formes d'azote : azote total, azote amidé, azote nitrique. L'azote total se maintient à peu près constant jusqu'à la fin du mois de septembre, mais diminue ensuite d'une manière notable. L'azote nitrique n'existe qu'à l'état de traces à partir du mois de juin : quant à l'azote amidé il subit une augmentation très forte entre le milieu du mois d'août et la fin du mois de septembre; cette augmentation continue ensuite jusqu'au moment de la chute des feuilles.

André rappelle qu'Emmerling avait déjà constaté que l'azote non protéique ne diminue pas dans les feuilles après la floraison; de même Miyoshi avait constaté, qu'au moment de leur chute, les feuilles de *Pœonia albiflora* sont plus riches en asparagine que les feuilles vertes. André conclut de ses recherches personnelles que l'émigration de l'azote amidé est fortement ralentie à la fin de la vie active de la feuille, et que cette forme d'azote s'accumule en quantité notable pendant cette période. Il suppose que l'on peut trouver la raison de ces faits dans la déshydratation progressive subie par la feuille en automne, cette déshydratation pouvant nuire à l'exercice des phénomènes osmotiques. Il est nécessaire de dire cependant qu'André rapporte ses données à 100 gr. de substance sèche; il donne également la proportion de substance sèche contenue dans

(1) G. André. *Sur l'élaboration de la matière azotée dans les feuilles des plantes vivaces.* (C. R. T. CXLVIII, 1909. p. 1685-1687).

100 grammes de substance fraîche, ce qui pourrait permettre de rapporter ses résultats à 100 grammes de substance fraîche, mais il eut été plus intéressant de rapporter également ces données à un nombre déterminé de feuilles ; comme l'a déjà fait remarquer Wehmer, il n'est pas possible de comparer une feuille verte, récoltée pendant le mois de juin, par exemple, à une feuille jaune cueillie sur le même arbre pendant la chute automnale, des variations profondes se produisant pendant cette période dans la teneur en cendres, en substance sèche, et en substance fraîche. Il est plus intéressant, au point de vue qui nous occupe, de connaître les variations qui se produisent dans une feuille ou dans un nombre connu de feuilles que celles qui se produisent dans 100 gr. de feuilles sèches ou de feuilles fraîches.

De l'ensemble de ces faits, relatifs à la variation des substances azotées des feuilles en automne, il faut donc conclure que les composés azotés, considérés en bloc, subissent une diminution au moment où la feuille meurt et va se détacher de l'arbre. Cette diminution porte sur l'azote insoluble; quant à l'azote soluble, il s'accumule au contraire en proportion relativement considérable dans la feuille qui est sur le point de tomber. La diminution de la quantité d'azote total doit-elle être rapportée à une émigration vers les parties vivaces ou à un entraînement mécanique par les agents extérieurs ? Quel est le mécanisme de l'accumulation d'azote amidé ? De nouvelles recherches sont nécessaires pour solutionner ces problèmes.

V

Variations qui se produisent en automne dans les substances hydrocarbonées des feuilles.

Les données relatives aux variations subies par les monosaccharides et les polysaccharides contenus dans les feuilles sont moins nombreuses que celles qui portent sur les substances minérales et les substances azotées.

Au cours de son étude sur la formation des matières grasses dans les olives, S. de Luca (1) a constaté la présence d'une quantité impor-

(1) de Luca. *Recherches sur la formation de la matière grasse dans les olives* (Journ. de Pharm. et de Chimie (3) XLI, 493 et XLII, 496. 1862) et (C. R., 1861-1862).

tante de mannite dans les feuilles de l'Olivier lorsqu'elles sont en pleine végétation. Quand les feuilles vieillissent, la teneur en mannite diminue, et cette substance a complètement disparu dans les feuilles tombées.

A la suite de ses recherches sur la chute des feuilles, Sachs a conclu des résultats obtenus par lui que les composés amylacés disparaissent des feuilles avant le moment où ces organes se détachent des parties vivaces.

Kraus soutient la même opinion que Sachs; cependant il observe que, chez les feuilles qui tombent en été, dans les années très sèches, le plasma et le noyau des cellules, les grains de chlorophylle, et parfois même l'amidon, ont persisté.

Briosi (1) constate la disparition de l'amidon dans les feuilles en automne, et il considère cette disparition comme une émigration vers les organes vivaces. Il observe cependant que, dans le tissu assimilateur des feuilles tombées, et dans les écailles de bourgeons rejetées par les Peupliers, on trouve souvent, à côté du sucre qui subsiste toujours, de l'amidon.

E. Mer (2) a étudié les modifications qui se produisent dans les cellules des feuilles au moment où celles-ci sont sur le point de tomber. Il considère que la disparition graduelle de l'amidon dans les divers tissus d'une feuille est le premier symptôme de son prochain dépérissement. L'amidon abandonne d'abord les cellules hypodermiques de la face supérieure, puis celles de la face inférieure; il arrive un moment où il a entièrement disparu du limbe, à l'exception des stomates. Mer constate cependant que, parfois, quelques cellules éparses conservent un amas de grains amylacés, même quand le dépérissement de la feuille est déjà avancé.

Reinke, Detmer, et Frank, admettent l'émigration des composés amylacés des feuilles vers les organes vivaces, en automne.

Aimé Girard, en étudiant à diverses époques de l'année les variations diurnes et nocturnes de la richesse des feuilles de Betterave en saccharose et en sucres réducteurs, constate qu'en automne le

(1) Briosi. *Ueber allgem. Vorkommen von Stärke in den Siebröhren.* (Bot. Ztg., 1873, S. 325).

(2) Mer. *Des phénomènes végétatifs qui précèdent ou accompagnent le dépérissement et la chute des feuilles.* (Bulletin de la Soc. bot. de Fr., T. XXIII, 1876. p. 176).

saccharose diminue à peu près régulièrement, tandis que les sucres réducteurs augmentent régulièrement.

Fischer (1) a montré que les feuilles qui tombent en automne contiennent encore une quantité relativement considérable de glucose.

Leclerc du Sablon (2) a étudié les variations subies au cours de l'année par les matières de réserve contenues dans les divers organes des arbres; il a constaté que, dans les feuilles, les variations des substances hydrocarbonées ne sont pas soumises à des lois fixes. La teneur maxima se trouve tantôt dans les feuilles récoltées au début de l'été, tantôt dans celles de la fin de l'été, d'où il résulte que les réserves hydrocarbonées émigrent vers la tige avec une vitesse variable. Mais, d'une manière à peu près générale, la proportion d'hydrates de carbone totaux diminue dans les feuilles à la fin de la végétation; cependant une augmentation a été constatée, pendant cette période, chez le Cognassier et le Framboisier.

L'étude détaillée des résultats obtenus par Leclerc du Sablon permet de constater que, pour la plupart des espèces étudiées par cet auteur, il y a eu accumulation de composés sucrés dans les feuilles à la fin de la période végétative; c'est ainsi que la proportion de ces composés a augmenté, à cette époque, dans les feuilles de Châtaignier, de Poirier, de Cognassier et de Framboisier; au contraire, une diminution des sucres a été constatée dans les feuilles de Pêcher et de Saule. La proportion des composés amylacés solubles et insolubles a augmenté, à la fin de la végétation, chez le Cognassier et le Framboisier; elle est restée à peu près constante chez le Pêcher et a sensiblement diminué chez le Châtaignier, le Poirier et le Saule. Par conséquent, au moment où les feuilles vont tomber, non seulement elles renferment encore de notables proportions de composés hydrocarbonés; mais, pour la plupart des espèces étudiées, il y a eu accumulation de composés sucrés, et, pour certains, il y a même eu augmentation de l'ensemble des composés hydrocarbonés.

F. Czapek (3) rappelle les idées de Sachs sur l'évacuation automnale des hydrates de carbone des feuilles vers les tiges. Il fait observer que les travaux récents relatifs aux questions de migra-

(1) A. Fischer. *Jahresb. f. wiss. Bot.*, 1891, vol. XXII, p. 90.

(2) Leclerc du Sablon. *Recherches physiologiques sur les matières de réserve des arbres.* (Revue générale de botanique, T. XVI, p. 341-368 et 386-401, 1904).

(3) Czapek. *Biochemie der Pflanzen.* Bd. I, p. 392.

tion ne s'occupent pas des hydrates de carbone, et il pense qu'il faut rester sceptique vis-à-vis de l'opinion relative à l'émigration automnale des composés hydrocarbonés contenus dans les feuilles, vers les parties vivaces.

Dans ses recherches sur les sucres et les glucosides contenus dans diverses plantes appartenant à la tribu des Taxinées, Lefebvre(1) a étudié les variations subies au cours d'une année par les sucres réducteurs, par les sucres hydrolysables sous l'influence de l'invertine, et par les glucosides dédoublables sous l'action de l'émulsine. Il résulte de ses recherches que, de juin à octobre, la teneur en glucose diminue dans les feuilles du *Taxus baccata*, tandis que la proportion des sucres hydrolysables par l'invertine et celle des glucosides augmentent régulièrement.

Du début d'octobre à la fin de novembre, tous ces composés subissent une diminution notable. De la fin de novembre à la fin de décembre, tous augmentent. De décembre à avril, les sucres réducteurs diminuent tandis que les proportions de sucres non réducteurs et de glucosides subissent des oscillations faibles. D'avril à juin, les sucres réducteurs s'accumulent très activement, tandis que les sucres non réducteurs et les glucosides subissent au contraire une diminution considérable. Par conséquent, les transformations subies entre avril et juin sont exactement dans le sens inverse de celles qui se produisent entre juin et juillet; dans les deux cas, les sucres non réducteurs et les glucosides se comportent de la même manière, mais les sucres réducteurs se conduisent d'une manière absolument opposée. Entre juillet et avril, les variations subies par les trois groupes de corps sont à peu près parallèles.

J'ai moi-même entrepris en 1908 (2) une série d'analyses sur les feuilles de divers arbres, en vue de rechercher les modifications qualitatives et quantitatives qui surviennent dans l'ensemble des composés hydrocarbonés des feuilles au moment où elles se détachent des arbres. Les sucres réducteurs, les sucres non réducteurs, les dextrines, les glucosides, l'amidon et les celluloses facilement hydro-

(1) Charles Lefebvre. *Application des procédés biochimiques à la recherche et au dosage des sucres et des glucosides dans les plantes de la tribu des Taxinées.* (Thèse pour le Doctorat de l'Université. Pharmacie. 1907).

(2) Raoul Combes. *Variations subies par les composés hydrocarbonés dans les feuilles à l'époque de la chute de ces organes.* (Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des Sciences. Congrès de Lille, 1909. P. 525-531).

lysables, ont été dosés, d'une part, dans les feuilles récoltées 15 jours avant leur chute, d'autre part, dans les feuilles tombées des espèces suivantes : *Robinia Pseudacacia*, *Fagus silvatica*, *Æsculus Hippocastanum* et *Sorbus latifolia*. Les mêmes analyses ont été faites dans les feuilles d'une plante à feuilles persistantes, le *Mahonia aquifolium*, les deux lots de feuilles étant récoltés à 15 jours d'intervalle, en même temps que ceux des espèces précédentes.

Il résulte de ces analyses que les composés hydrocarbonés totaux sont plus abondants dans les feuilles tombées d'*Æsculus* que dans les feuilles vertes; le contraire a lieu chez le *Fagus* et chez le *Sorbus*. Chez le *Mahonia*, il y a, du 14 au 29 octobre, une accumulation considérable de substances hydrocarbonées dans les feuilles. Chez toutes les espèces à feuilles caduques étudiées, les feuilles tombées renferment moins de composés hydrocarbonés insolubles (amidon et cellulose facilement hydrolysable), que les feuilles vertes. Chez le *Mahonia*, il y a accumulation de ces substances du 14 au 29 octobre. Les feuilles tombées de *Robinia* et de *Sorbus*, ainsi que les feuilles de *Mahonia* récoltées le 29 octobre, renferment plus de sucres que les feuilles vertes des mêmes espèces récoltées le 14 octobre. Les dextrines contenues dans les feuilles subissent une diminution au moment de la chute de ces organes; seules, les feuilles tombées de *Robinia* se sont montrées plus riches en dextrines que les feuilles vertes de la même plante. Chez toutes les espèces étudiées, les feuilles tombées renferment plus de composés glucosidiques que les feuilles vertes.

Par conséquent, chez les différentes plantes auxquelles je me suis adressé, jamais les composés hydrocarbonés n'émigrent en totalité des feuilles vers les parties vivaces, à la fin de la végétation; chez certaines espèces, il y a au contraire accumulation de l'ensemble des composés hydrocarbonés à la fin de la vie des feuilles. Le plus souvent, la proportion des composés hydrocarbonés solubles augmente, tandis que celle des hydrates de carbone insolubles diminue; dans d'autres cas, hydrates de carbone solubles et hydrates de carbone insolubles diminuent.

Vintilesco (1) a dosé, dans différents *Ligustrum*, à diverses époques de l'année, les sucres réducteurs, les sucres hydrolysables par l'invertine, et la syringine; il a constaté que ces différents composés diminuent considérablement dans les feuilles à mesure

(1) Vintilesco. *Loc. cit.*

que ces organes vieillissent. Enfin, tout récemment, Harter (1) a fait un certain nombre d'analyses quantitatives sur les feuilles tombées de plusieurs arbres, en vue de déterminer quelle était leur teneur en amidon. L'auteur a constaté que les feuilles mortes qui jonchent le sol des forêts sont souvent extrêmement riches en amidon ; celles du *Liquidambar styraciflua* renferment 10,79 % de ce composé ; celles du *Platanus occidentalis* en contiennent 9,899 % ; on en trouve 5,91 % dans les feuilles tombées du *Styrax americana.*

On voit donc que les feuilles tombées des arbres renferment encore de notables proportions de sucres et de composés susceptibles de fournir des sucres par hydrolyse.

Chez certaines espèces, l'ensemble de ces composés diminue dans les feuilles à mesure que ces organes vieillissent ; chez d'autres, il y a au contraire, accumulation de ces substances pendant la période qui précède la chute. Si l'on envisage isolément les composés hydrocarbonés insolubles et les composés hydrocarbonés solubles, on voit que les premiers diminuent le plus souvent dans les feuilles, à la fin de la période végétative ; quant aux seconds, ils augmentent le plus souvent.

Il y a lieu actuellement de se demander si la diminution des composés hydrocarbonés insolubles, constatée par beaucoup d'auteurs, dans les feuilles d'automne, est due à une émigration de ces composés vers les organes vivaces, ou à une transformation de ces substances. H. Müller-Thurgau (2) a constaté que les tubercules de Pomme de terre, conservés entre 0° et 6°, renferment plus de sucres que ceux que l'on maintient à une température plus élevée ; lorsqu'on transporte ces tubercules sucrés à une température de 10°, le sucre se transforme en amidon. Fischer (3) a montré que lorsqu'on place, en hiver, dans une pièce chaude, des Tilleuls ou des Bouleaux ayant vécu jusqu'à ce moment au dehors, il se forme dans leur écorce une notable quantité d'amidon ; il y a disparition de l'amidon et formation de sucres lorsqu'on transporte les arbres chauffés dans un lieu froid. Pfeffer (4) dit que les plantes semblent

(1) L. L. Harter. *The starch content of leaves dropped in autumn.* (The Plant World, XIII, p. 144-147, 1910).

(2) M. Müller-Thurgau. *Landw. Jahrb.*, 1883, vol. XI, p. 751, 1885, vol. XIV, p. 851.

(3) A. Fischer. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1891, vol. XXII, p. 112.

(4) Pfeffer. *Pflanzenphysiologie*, 1897.

contenir une plus grande quantité de sucres et peut-être aussi d'autres corps solubles, à une basse température qu'à une température élevée; il rappelle à ce sujet les expériences faites par Müller-Thurgau (1), Copeland (2), Rosenberg (3) et Lidforss (4).

L'augmentation de la teneur en sucres, constatée souvent dans les feuilles en train de mourir, pourrait donc bien n'être que le résultat de cette transformation de l'amidon en sucres sous l'influence du froid.

Le reproche adressé par Wehmer aux travaux qui traitent des migrations des substances minérales et azotées dans les feuilles, doit être adressé également à tous ceux qui viennent d'être cités, et qui se rapportent aux migrations des composés hydrocarbonés. Dans tous les cas, les auteurs ont rapporté les résultats de leurs analyses à 100 gr. de feuilles fraîches ou à 100 gr. de feuilles sèches; il est évident que les résultats faisant connaître les variations éprouvées par les différents composés, dans un nombre connu de feuilles, sont ceux qui présentent le plus d'intérêt au point de vue qui nous occupe. Enfin il serait nécessaire de faire encore ici la part de l'entraînement mécanique des substances solubles par les divers agents atmosphériques; les glucosides, les sucres existant normalement dans les feuilles, et ceux qui peuvent provenir de la transformation de l'amidon sous l'action du froid, sont très probablement entraînés en partie par les pluies, comme les substances azotées et les substances minérales. On ne peut donc conclure, des analyses faites jusqu'ici, qu'un composé a émigré dans les parties vivaces, même dans le cas où il y a diminution de ce composé dans la feuille.

VI

Discussion et conclusions

Il résulte de cet exposé que l'évacuation automnale, vers les organes vivaces, des substances dites utiles, contenues dans les feuilles qui vont tomber, est loin d'être démontrée. Les travaux

(1) Müller-Thurgau. *Loc. cit.*, 1883, p. 787.
(2) Copeland. *Einfluss von Licht u. Temp. a. d. Turgor*, 1896, p. 5.
(3) Rosenberg. *Bot. Centralbl.*, 1896, vol. LXVI, p. 337.
(4) Lidforss. *Bot. Centralbl.*, 1896, vol. LXVIII, p. 33.

effectués jusqu'à ce jour par les nombreux auteurs qui se sont intéressés à cette question, présentent des causes d'erreur qui ne permettent pas de baser, sur les résultats de ces travaux, des conclusions sérieuses. De nouvelles recherches sont nécessaires pour solutionner cette question, et les résultats qui seront obtenus ultérieurement par les auteurs ne pourront être pris en considération qu'à la condition que les techniques expérimentales employées soient à l'abri de ces causes d'erreur.

Les analyses devront porter sur des feuilles récoltées avant, pendant, et après le jaunissement, avant, pendant, et après la chute, à des intervalles très rapprochés. Il serait nécessaire que les résultats fussent rapportés à un nombre déterminé de feuilles, ainsi qu'au poids sec des feuilles analysées, et à leur poids frais. Les recherches devront porter comparativement sur des organes exposés aux intempéries et sur des organes protégés contre la pluie, la rosée, etc., pour qu'il soit possible de déterminer la part de l'émigration vers les tiges et celle de l'entraînement mécanique au dehors. Des analyses portant en même temps sur les feuilles et sur les parties vivaces, contribueront également pour une grande part à éclairer la question.

Il serait intéressant de faire, en même temps que l'étude des modifications qui se produisent dans la constitution chimique des feuilles, pendant les différentes phases de leur dépérissement, celle des modifications anatomiques qui surviennent parallèlement dans les mêmes feuilles. Comme on l'a vu plus haut, Wehmer a montré que la diminution de certaines substances, observée dans les feuilles en automne, avait été constatée chez des feuilles qui étaient en train de mourir, et chez lesquelles l'assise de séparation qui détermine la chute était déjà formée. Wehmer faisait observer que, la feuille étant alors physiologiquement séparée de la branche, cette diminution devait être rapportée, non à une émigration dans les organes vivaces, mais à un entraînement mécanique produit par les pluies, les gelées, etc. On a vu également que Stahl n'admettait pas cette dernière manière de voir. Se basant sur un Mémoire de Tison (1), dans lequel il serait dit que, chez toutes les espèces étudiées, le tissu parenchymateux des faisceaux vasculaires est presque complètement épargné par la cicatrisation aussi longtemps que la feuille

(1) Adrien Tison. *Recherches sur la chute des feuilles chez les Dicotylédones* (Mémoires de la Soc. Linn. de Normandie, 1900, T. XX, p. 193).

ne tombe pas, Stahl émet l'opinion que l'assise de séparation ne peut empêcher l'émigration, car, même si on suppose qu'elle ne peut être traversée, les faisceaux vasculaires subsistent, chez la feuille en train de se décolorer, à l'état de voies conductrices ininterrompues. Or, si l'on se reporte aux importants travaux de Tison (1), sur la chute des feuilles, on voit que les conclusions de cet auteur ne permettent pas de se ranger à l'opinion de Stahl. La couche séparatrice se forme, à la base du pétiole de la feuille, à une période qui précède la chute d'un temps souvent très long. La cicatrisation se fait, avant ou après la chute de la feuille suivant différents processus; soit par sclérification des parois de l'une des couches cellulaires du coussinet, soit par l'établissement d'une couche péridermique semblable à celle de la tige, soit par les deux modes associés; « *dans les deux tiers des cas,* » il se produit dans le pétiole, c'est-à-dire au-dessus de la couche » séparatrice, une sclérification des éléments qui porte sur une plus » ou moins grande épaisseur de tissu; cette sclérification apparaît » *avant la chute des feuilles* et contre la couche séparatrice. »

La couche séparatrice se produit, *à travers le tissu mou des faisceaux,* par le même procédé que dans le tissu fondamental, les tubes criblés et les vaisseaux seuls sont brisés lors de la chute de la feuille. Il est exact que si, au moment de la chute, le tissu fondamental renferme un périderme cicatriciel, ce dernier ne traverse alors jamais les faisceaux; mais, comme on l'a vu plus haut, la cicatrisation par production d'un périderme ne se rencontre que dans la minorité des cas. Le plus souvent, dans les faisceaux, « *la cicatrisation se fait* » *par une modification scléro-subéreuse des cellules existantes, sem-* » *blable à celle du tissu fondamental. Cette dernière modification* » *n'intéresse ni les tubes criblés, qui sont le plus souvent écrasés sous* » *la pression des cellules voisines, ni les vaisseaux. Ces derniers se* » *bouchent, soit par de la gomme de blessure, soit par des thylles, le* » *plus souvent par les deux à la fois.* » Quand il y a formation de thylles, elle a toujours lieu avant la chute de la feuille. Quant aux tubes criblés, on vient de voir qu'ils sont le plus souvent écrasés

(1) Adrien Tison. *Sur la chute des feuilles et la cicatrisation de la plaie.* (C. R. 1899).

id. *Sur la cicatrisation du système fasciculaire et celle de l'appareil sécréteur lors de la chute des feuilles.* (C. R. 1899).

id. *Recherches sur la chute des feuilles chez les Dicotylédones,* (Thèse pour le Doctorat ès-Sciences, Caen, 1900).

par les tissus environnants; Tison signale aussi la formation de cals dans ces éléments. C'est ainsi que, dans le Hêtre et le Chêne, par exemple, sur lesquels ont porté le plus souvent les analyses quantitatives des auteurs, comme on l'a vu ci-dessus, il y a, avant la chute des feuilles, une ligno-subérisation de plusieurs assises de cellules dans le pétiole, obturation des vaisseaux par des thylles, et apparition de cals dans les éléments libériens. Il est donc permis de penser que, contrairement à l'opinion de Stahl, la circulation est rendue fort difficile, sinon impossible, à travers des tissus subérifiés, des vaisseaux ligneux obstrués par des thylles, et des tubes libériens bouchés par des cals.

Tison donne peu de renseignements sur les relations existant entre les époques d'apparition de ces différentes modifications anatomiques et celles auxquelles se produisent les changements de coloration et la chute des feuilles. Il serait donc intéressant, ainsi que je l'indiquais plus haut, de suivre en même temps ces différents phénomènes, et surtout de les étudier parallèlement avec les modifications chimiques dont les feuilles sont le siège.

On sait qu'une émigration des principes élaborés dans les feuilles se produit d'une manière continue vers les tiges, mais il est permis de supposer, comme l'a fait André, que ces phénomènes de migration sont ralentis en automne par suite de la déshydratation progressive subie par les feuilles; d'autre part, ils sont vraisemblablement interrompus, dans la plupart des plantes, par la ligno-subérisation du pétiole et l'obstruction des vaisseaux ligneux et libériens qui précèdent la chute. Les phénomènes d'évacuation ou d'accumulation de substances, dans les feuilles d'automne, varieront donc très probablement, suivant les espèces, suivant les conditions atmosphériques, et particulièrement suivant que les premiers froids apparaîtront, soit lentement et progressivement, au milieu d'une saison humide où la moyenne d'éclairement est faible, soit brusquement, au milieu d'une saison sèche où la moyenne de lumière reçue par les plantes est très élevée. Les analyses de feuilles d'automne donneront évidemment des résultats différents, suivant que ces feuilles auront été séparées peu à peu physiologiquement de la tige, et auront trouvé dans le milieu extérieur de mauvaises conditions pour assimiler, ou suivant que ces feuilles auront été brusquement isolées physiologiquement de la tige et auront pu continuer à opérer avec

une activité relative leurs phénomènes de synthèse (1). D'autre part, en ne considérant plus les phénomènes de migration, mais seulement les modifications chimiques qui se produisent dans les feuilles sous l'influence directe des conditions extérieures, on verra que, suivant les espèces, suivant la nature des variations de température en automne, les analyses feront également connaître des résultats différents. J'ai montré (2), par exemple, que l'apparition des froids de l'automne détermine une augmentation d'activité dans les phénomènes d'oxydation qui se produisent chez les feuilles ; il n'est donc pas invraisemblable que les composés riches en oxygène s'accumulent, tandis que les substances moins oxydées éprouvent une diminution, et il ne sera pas nécessaire de faire intervenir les phénomènes de migration pour expliquer ces variations. De même, si l'amidon des feuilles se transforme en sucre sous l'influence des froids de l'automne, on constatera, chez ces feuilles, une diminution dans la proportion de l'amidon, et une augmentation dans la teneur en sucre sans pour cela que ces mêmes phénomènes de migration aient eu à intervenir. Il n'est pas impossible que les variations dans les conditions atmosphériques aient des influences analogues sur les substances azotées et sur les substances minérales.

Quoi qu'il en soit, cet exposé montre que l'étude de la chute des feuilles, considérée au point de vue physiologique, doit être reprise d'une manière complète et avec une technique différente de celle qui a été adoptée dans tous les travaux dont il vient d'être question, et

(1) Nous avons vu plus haut que Guignard et Treub avaient obtenu des résultats contradictoires dans leurs recherches sur la variation des composés cyanogénétiques contenus dans les feuilles des Passiflorées. Tandis que Guignard constatait que les feuilles de *Passiflora cærulea* récoltées en France en novembre, au moment où elles allaient tomber, renfermaient la même quantité de composés cyaniques que celles qui étaient récoltées en juillet, Treub observait que, chez treize espèces de *Passiflora* cultivées à Java, les feuilles qui étaient sur le point de tomber, fournissaient beaucoup moins d'acide cyanhydrique que les feuilles qui étaient en pleine végétation.

Il est très probable que ces différences existant entre les résultats de Guignard et ceux de Treub trouveraient leur explication dans les différences des conditions atmosphériques qui ont accompagné, d'une part, la chute des feuilles du *P. cærulea* de France, et, d'autre part, la chute des feuilles des *Passiflora* de Java. La comparaison des courbes thermométriques, hygrométriques, pluviométriques, et actinométriques, dressées à Paris et à Java, pourrait donner d'utiles renseignements à ce sujet.

(1) Raoul Combes. Les *échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques.* (Revue générale de Botanique, T. XXII, 1910).

parmi lesquels certains étaient d'ailleurs entrepris dans un but différent de celui qui nous occupe.

Il est évident que toutes les hypothèses formulées par les divers auteurs ou par moi-même, et rapportées ici, n'y figurent que dans le but de servir à orienter les recherches; elles n'auront acquis une réelle valeur que lorsqu'elles seront transformées en réalité par des faits expérimentaux.

Toutefois, si nous avons peu de renseignements sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles, nous pouvons cependant assurer dès maintenant que certaines substances, telles que les composés amidés et les sucres, par exemple, qu'il est impossible de ne pas considérer comme des substances utiles à la plante, peuvent s'accumuler dans les feuilles pendant la période qui précède la chute. Il est donc tout à fait inadmissible que l'on considère les substances qui subsistent ou qui ne diminuent pas dans les feuilles, avant la chute, comme des substances inutiles à la plante.

On voit que ce caractère de la persistance ou de l'accumulation d'un principe quelconque, dans les feuilles tombées, invoqué par beaucoup d'auteurs, et surtout par un grand nombre de ceux qui ont déterminé microchimiquement les variations des principes immédiats dans les feuilles, en faveur de l'inutilité ou de la toxicité de ces principes pour les plantes qui les produisent, ne peut être pris en considération. Les restrictions formulées à ce sujet par Guignard et par Treub sont donc tout à fait en concordance avec les données fournies par les chimistes. Il est à désirer que, dans les travaux qui auront pour but la détermination, par la méthode microchimique ou par celle des analyses quantitatives, des variations subies par les substances contenues dans les végétaux, la persistance, l'accumulation, la diminution ou la disparition des substances étudiées, dans les feuilles de ces végétaux, à l'époque de leur chute, ou dans les organes caducs, au moment où ils se détachent, ne soient plus invoquées pour expliquer le rôle physiologique de ces substances. Si, dans les recherches sur les composés cyanogénétiques par exemple, on cesse de tenir compte des considérations tirées du caractère qui nous occupe. on voit que tous les faits mis en lumière par les expérimentateurs conduisent à admettre que les composés cyaniques sont des substances jouant un rôle dans la nutrition des végétaux. Guignard fait observer en effet que, lors-

qu'on fait abstraction des cas où les glucosides ne disparaissent pas des feuilles avant la chute, « on peut dire que les glucosides cyan-» hydriques constituent effectivement des substances nutritives » pour la plante qui les produit. » Cette manière de voir, qui est également celle de Treub, vient de recevoir une confirmation complète dans les recherches de Molliard (1) sur la valeur nutritive, pour les végétaux, de certains composés azotés.

En cultivant des plantes dans des milieux renfermant : soit un glucoside cyanogénétique, l'amygdaline, soit de l'acide cyanhydrique, soit du cyanure de sodium, Molliard a montré que ces plantes assimilent les composés cyaniques qui leur sont fournis; il a ainsi nettement mis en évidence le rôle nutritif joué par ces composés dans les végétaux.

Par conséquent, si les recherches faites jusqu'ici sur les phénomènes physiologiques qui précèdent et accompagnent la chute des feuilles sont loin d'avoir résolu toutes les questions qui se rattachent à l'étude de ces phénomènes, elles ont au moins établi d'une manière indiscutable que les feuilles qui tombent en automne renferment encore une importante proportion de substances qui auraient été susceptibles d'être utilisées par les plantes. Elles ont également montré que les substances qui ne disparaissent pas ou même qui s'accumulent dans les feuilles en automne, pendant la période qui précède la chute de ces organes, ne doivent pas être considérées *a priori* comme des substances inutiles aux plantes qui les renferment. Il est donc nécessaire que, pour l'interprétation des résultats obtenus dans l'étude des principes immédiats des végétaux, soit à l'aide des méthodes microchimiques, soit à l'aide des méthodes d'analyse quantitative, la persistance ou l'accumulation des principes immédiats dans les feuilles qui tombent, ne soit plus considérée comme un critérium de l'inutilité ou de la toxicité de ces principes.

(1) Marin Molliard. *Recherches sur l'utilisation par les plantes supérieures de diverses substances organiques azotées.* (Bulletin de la Soc. bot. de Fr., T. LVII 4e série, 1910, p. 541).

SUR UNE GALLE DU CHÊNE PROVOQUÉE PAR *ANDRICUS RADICIS* (CYNIPIDE)

par M. Georges DENIZOT

La galle que j'ai étudiée a été décrite autrefois par Réaumur (1). Un certain nombre d'auteurs l'ont signalée depuis, mais aucun n'en a fait l'étude anatomique. D'autre part, on a rapporté à cette galle une description de Lacaze-Duthiers (2); mais, dans cette description, qui n'est accompagnée d'aucune indication sur l'insecte, il est parlé d'un épiderme et de cellules prismatiques dont je n'ai pas vu la moindre trace.

Cette galle a été signalée dans tout l'ouest de l'Europe et l'Algérie sur *Quercus robur*, *Q. Tozza* et *Q. Mirbecki*. Des indications données par les auteurs, il résulte les faits suivants :

La galle est provoquée par *Andricus radicis*, dont les larves sont déposées — probablement dans l'assise génératrice — à l'origine des grosses racines d'un chêne. La ponte aurait lieu en mai. En août, on peut voir une bosselette de l'écorce, puis, en septembre, l'écorce se rompt, formant un anneau dentelé et la galle apparaît sous forme d'une nodosité blanche ou rosée, qui croît jusqu'au printemps suivant. A ce moment, elle forme une masse arrondie, dont la grosseur varie entre celle d'une noix et celle d'un coing; sa surface est fendillée et sa consistance charnue.

La maturité a lieu en septembre de la deuxième année; à ce moment, la larve éclot, la galle est d'un brun sombre (3); sur une section on voit de nombreuses cavités dont chacune renferme un insecte éclos.

(1) Réaumur. *Histoire des Insectes*, t. III, p. 455.
(2) Lacaze-Duthiers. *Ann. des sc. nat. Bot.*, III^e^ Série, t. XIX, p. 328.
(3) Kieffer. *Mon. des Cynipides*, t. I, p. 505-506.

Mais ce dernier passe l'hiver dans la galle, et l'exode n'a lieu que vers le mois d'avril de la troisième année.

L'insecte qui quitte la galle est une forme agame, dite *Andricus radicis*; il déposera ses œufs dans un bourgeon de chêne; il en résultera une galle d'où sortira la forme sexuée *Andricus trilineatus*.

La galle que j'étudie a été trouvée par moi au bois de Vincennes, entre Saint-Mandé et le Polygone, d'après des indications qui m'avaient été données par M. Gouin. Les échantillons, récoltés là le 15 mai, étaient très probablement des galles de deuxième année.

Description des échantillons recueillis

La galle est d'assez grandes dimensions, arrondie, mesurant de 4 à 8 centimètres de diamètre et pouvant peser jusqu'à 100 grammes. Elle est unie à la base des grosses racines ou même au collet par un hile très large et très court, de sorte que la galle se trouve étroitement accolée à la racine. La partie supérieure brune de la galle se trouve à l'air libre, plus ou moins dissimulée par la mousse; le reste, de teinte plus claire, jaune ou rose, est enterré. La surface est ornée de sillons dessinant un réseau polygonal dont les mailles ont en moyenne 5 millimètres de diamètre (fig. 1).

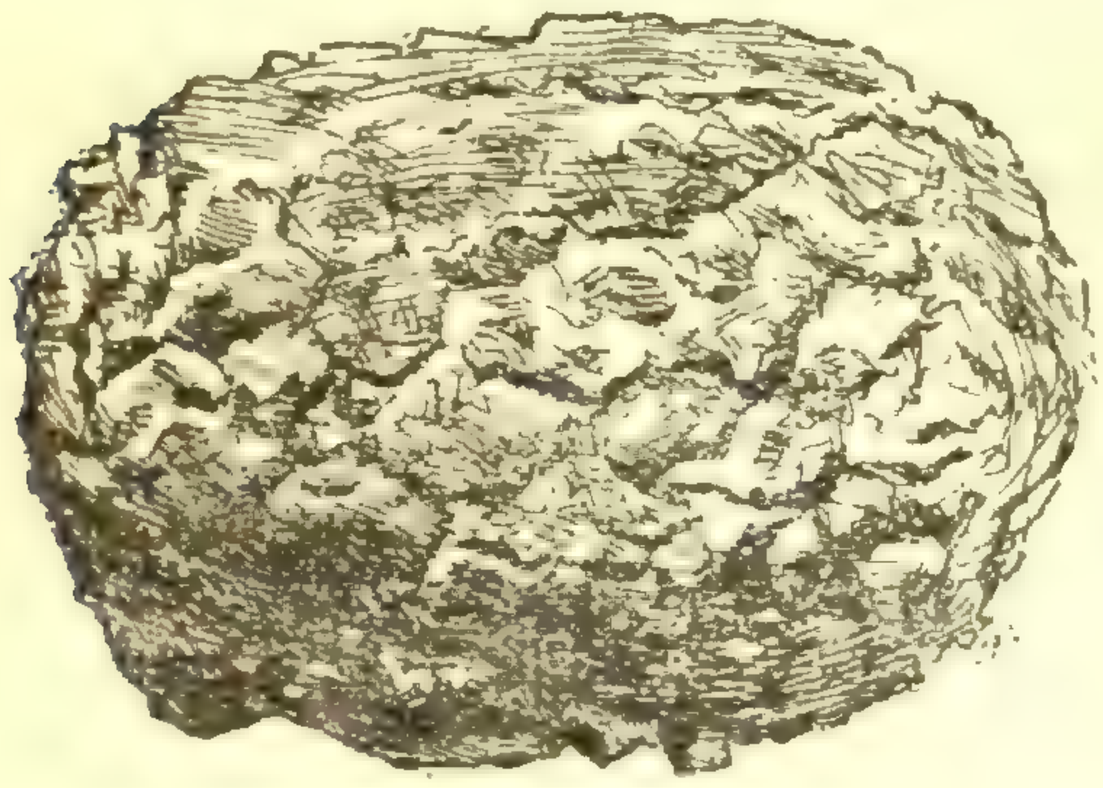


Fig 1. — Galle d'*Andricus radicis*; aspect externe; grandeur naturelle.

Sur une section passant par l'axe de la galle, on trouve, de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 2) :

1° Une zone parenchymateuse de 1 centimètre d'épaisseur en moyenne, limitée extérieurement par un liège mince, jaune ou brun, épaissi entre les sillons.

2° Une partie centrale ligneuse, creusée de cavités sphériques, dont le diamètre est de 4 à 5 millimètres; chacune renferme une larve enroulée et est entourée d'une couche nourricière, dont l'épaisseur ne dépasse pas 1 millimètre, mais varie suivant l'état de développement de la larve; cette couche ne noircit pas à l'air. Elle est en-

tourée par une couche protectrice de consistance ligneuse, noircissant à l'air. Ces formations sont très nombreuses : une coupe axiale en présente une vingtaine, serrées les unes contre les autres; aux points où deux d'entre elles sont le plus rapprochées, leurs couches protectrices se soudent en une lamelle d'un demi-millimètre environ; ailleurs, il existe entre ces couches un parenchyme interloculaire qui passe au parenchyme externe à la périphérie de cette masse alvéolaire.

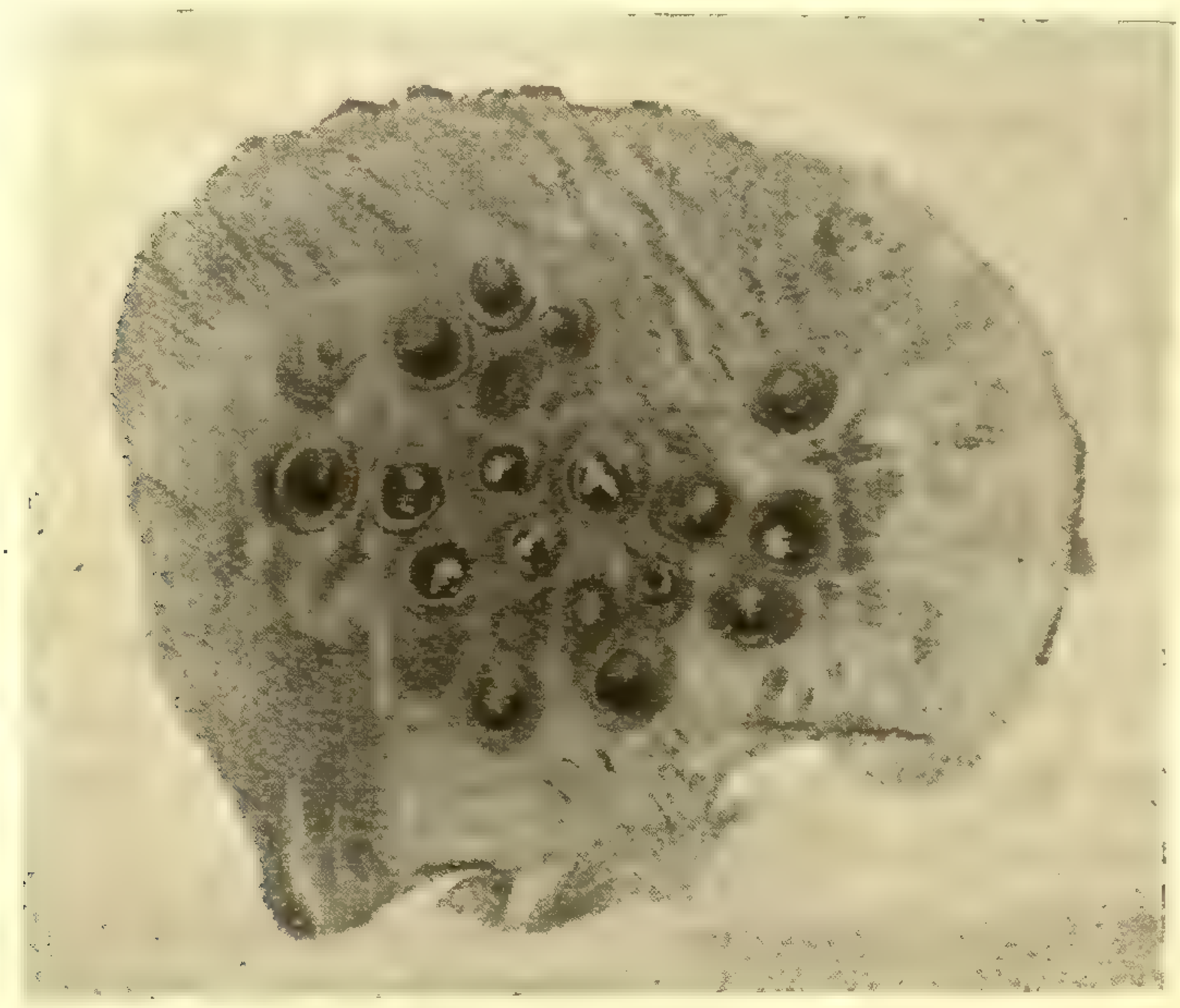


Fig. 2. — Coupe axiale de la galle d'*Andricus radicis* ; légèrement agrandie (grossissement 1,3)

Le hile est presque exclusivement formé de faisceaux ligneux issus de la racine; ces faisceaux traversent le parenchyme externe — qui conserve en ce point sa couche subérisée — et s'irradient entre les logettes sans pénétrer dans la couche nourricière.

Cet aspect correspond au stade indiqué par les auteurs au printemps et à l'été de la deuxième année. A cet état, les tissus ont cessé de croître, mais subissent des modifications du fait du développement des larves.

Modifications ultérieures

Des échantillons m'ayant paru précédemment identiques à ceux que je prélevais furent récoltés le 6 juillet; ils se montrèrent complètement modifiés. La zone parenchymateuse externe s'était transformée en une matière noirâtre, très humide, et la partie exposée à l'air était complètement détruite, laissant apercevoir les masses arrondies formées par les couches protectrices des logettes les plus périphériques; la partie centrale était plus lignifiée et plus dure qu'auparavant; la couche nourricière avait disparu autour de toutes les chambres larvaires; la couche protectrice s'était épaissie par suite de la lignification d'éléments du parenchyme interloculaire; les points où le parenchyme ne s'était pas lignifié avaient été détruits.

Certaines de ces galles renfermaient des larves volumineuses; dans d'autres, les larves, écloses, étaient remplacées par les insectes ailés. D'autres galles étaient vides. L'insecte sort au moyen d'une perforation circulaire pratiquée dans la paroi, et passe dans une logette située au-dessus; il va ainsi de logette en logette, en profitant des perforations déjà effectuées, jusqu'à l'extérieur.

Ainsi, les échantillons que j'ai étudiés m'ont semblé n'évoluer qu'en deux ans : tandis que, d'après les auteurs, l'éclosion aurait lieu en septembre et l'exode au printemps suivant, j'ai vu l'éclosion se produire au début de juillet et l'exode suivre immédiatement. On sait que la marche de beaucoup de galles est sujette à des variations étendues. Dans le cas présent, cette différence peut être due à une question de climat : l'éclosion ayant été retardée dans les échantillons examinés par les auteurs, l'exode ne pouvait s'effectuer à cause des mauvaises conditions externes présentées à ce moment; aussi l'insecte passe-t-il l'hiver dans la galle. Une des galles recueillies en mai, ayant été conservée à sec, me présenta quelques mois plus tard les insectes éclos, mais engourdis, qui reprirent une vie active à l'humidité; la partie ligneuse s'était modifiée comme dans les conditions normales, mais il n'y avait pas de perforations.

Couche nourricière

Toutes les membranes sont cellulosiques. La dimension des cellules décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la chambre larvaire; les cellules qui confinent à la couche protectrice sont aplaties dans le sens du rayon, elles mesurent 30-40 μ sur 50 μ; au milieu de la couche nourricière, elles sont assez régulières, et, près de la chambre larvaire, elles sont plutôt allongées dans le sens du rayon, et, suivant cette direction, atteignent 100 μ.

Sauf dans les assises les plus voisines de la chambre larvaire, la structure des cellules est constante : elles ont un noyau volumineux (15-20 μ), avec un nucléole net; leur cytoplasme est entièrement bourré de grains d'amidon mesurant jusqu'à 12 μ, il y a peu de tanins et quelques gouttelettes d'huile.

Dans les assises voisines de la chambre larvaire, j'ai constaté une transformation identique à celle que l'on connaît depuis assez longtemps pour un assez grand nombre de galles (1). On suit cette transformation en considérant des cellules de plus en plus proches de la chambre larvaire : le noyau devient volumineux et diffus, le nucléole très gros; l'amidon disparaît, remplacé par une matière granuleuse, riche en tanins et en huile. Cette substance se trouve seule dans les cellules bordant la chambre larvaire; certaines de ces cellules sont éventrées et leur contenu sert à la nutrition de la larve. Cette matière spéciale se colore par le carmin, l'iode, l'hématoxyline au fer, le vert d'iode et le réactif de Millon.

Selon que la digestion est plus ou moins avancée, la couche nourricière se trouve plus ou moins réduite. Il n'en reste aucune trace en juillet.

Couche protectrice et parenchyme interloculaire (Fig. 3).

Les assises de la couche protectrice qui sont voisines du tissu nourricier ont la même forme générale que les cellules de ce dernier qui lui sont contiguës, mais leurs caractères histologiques se pré-

(1) Voir : Prillieux, in *Ann. des sc. nat. Botan.*, 1876, p. 118-123.

sentent bien différents. Plus loin, les cellules deviennent assez régulières et le diamètre croît, jusqu'à 80 μ, dimension qui est atteinte dans le parenchyme interloculaire.

Les cellules de ce parenchyme ont leur membrane cellulosique mince, un noyau volumineux (15 μ), avec un ou plusieurs nucléoles, quelques grains d'amidon disposés contre la paroi; elles renferment des tanins, mais ceux-ci ne paraissent pas très abondants. Si, partant de ce parenchyme, on examine des cellules de plus en plus rapprochées de la couche nourricière, on voit les caractères indiqués subir des modifications graduelles, portant sur la membrane et sur le contenu.

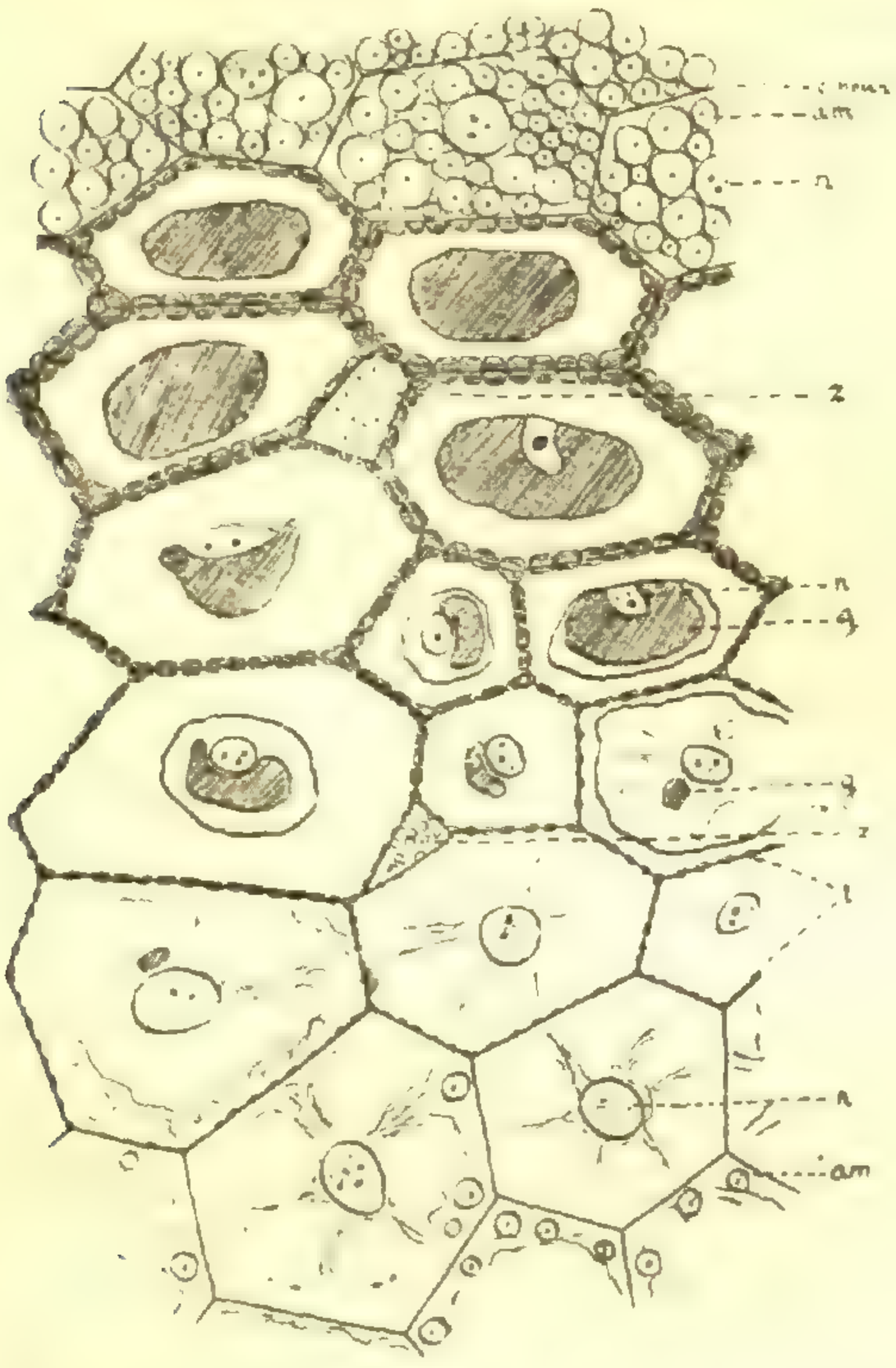


Fig. 3. — Coupe dans la couche protectrice (grossie 200 fois) ; *am*, amidon ; *c. nour.*, cellules de la couche nourricière; *g*, grain des cellules scléreuses ; *n*, noyau ; *r*, réseau ligneux ; *z*, membranes vues de face, avec leurs ponctuations.

On constate d'abord une faible ornementation en réseau, présentant les réactions du bois (fuchsine, vert d'iode) (1) ; plus près du tissu nourricier, ce dépôt augmente d'épaisseur, ne laissant plus que des ponctuations qui se correspondent d'une cellule à l'autre. Dans les trois ou quatre assises avoisinant le tissu nourricier, ce dépôt est très épais et les ponctuations très fines; l'épaisseur totale d'une membrane atteint 5 μ. En aucun cas, il ne m'a semblé que la lamelle moyenne non lignifiée eût été perforée à l'endroit des ponctuations.

(1) J'ai employé le vert d'iode de la façon suivante : les préparations, fixées au liquide de Bouin — ce qui m'a paru une condition nécessaire — sont colorées une minute, puis, simplement lavées, elles sont plongées un quart d'heure dans le carmalun de Grübler. Dans ces conditions, la substance ligneuse vire au violet clair, les matières azotées que le vert d'iode avait teintes en vert pur ou jaunâtre conservent leur couleur.

La coloration de ces membranes par l'hématoxyline au fer est intéressante : les membranes cellulosiques et la lamelle moyenne des membranes sclérifiées sont colorées fortement; la substance ligneuse l'est peu, mais, quand les membranes sont vues de profil, on y distingue de fines stries concentriques; cette striation est rendue très nette par la double coloration hématoxyline-éosine, elle paraît violet foncé ou noir sur fond mauve (la coloration de la lamelle moyenne ainsi que des membranes cellulosiques n'apparaît que lorsque les membranes sont vues de profil, et, par conséquent, sous une grande épaisseur). — Le vert d'iode fait apparaître nettement les ponctuations, mais sans indiquer aucune striation; il réserve la lamelle moyenne, comme on peut le voir sur des membranes examinées de profil.

Le contenu cellulaire suit des modifications parallèles à celles de la membrane; les cellules non lignifiées présentent quelques grains d'amidon; ceux-ci disparaissent dès qu'on peut remarquer un léger dépôt ligneux. Dès la cinquième ou quatrième assise, à partir de la limite entre les couches nourricière et protectrice, apparaît un caractère nouveau : près du noyau se forme un granule particulier possédant les réactions suivantes : l'iode le colore en jaune; le vert d'iode le colore en vert; par la technique indiquée plus haut, il se différencie de la substance ligneuse qui, en ce point, forme déjà un dépôt épais contre la membrane; le granule est coloré également par la fuchsine acide en rouge, par l'hématoxyline au fer en noir intense, par le réactif de Millon en brun acajou très vif.

Plus près de l'assise nourricière, le granule est plus gros, forme un grain qui, parfois, affecte la forme d'un croissant dans la concavité duquel est logé le noyau; ce dernier devient diffus. Dans des cellules où la transformation est plus avancée, le noyau n'est plus représenté que par quelques granulations chromatiques, et le cytoplasme, fortement contracté, est presque totalement occupé par le grain devenu volumineux, et qui, à cet état, acquiert par le vert d'iode une teinte verte plus ou moins jaunâtre; les autres colorants agissent comme précédemment. Dans l'assise au contact du tissu nourricier, ce grain est seul, sans trace de protoplasme; il est, en général, irrégulièrement ovoïde, atteignant 20 μ sur 30 μ.

Simultanément à la formation et à l'accroissement de ce grain, la richesse en tanins, décelée par le chlorure ferrique, est de plus en

plus grande, et le grain lui-même se colore fortement en noir.

Quelle est la nature chimique de ce grain ? Il s'agit probablement d'une matière albuminoïde coagulée par les tanins. Il est dissous par l'hypochlorite, mais très lentement, de sorte qu'il persiste après traitement pendant quelques minutes seulement par ce réactif.

Ces processus, dont on voit tous les stades en examinant les cellules de la couche protectrice de plus en plus rapprochées du tissu nourricier, ont dû s'effectuer de même dans l'évolution d'une même cellule. Sur les échantillons récoltés en juillet, la sclérification a envahi presque toutes les cellules; quelques cellules du parenchyme interloculaire, les plus éloignées, n'ont pas subi de lignification, elles se sont alors décomposées. Les autres cellules sont toutes sclérifiées et complètement vides. Je n'ai pas pu voir quelle avait été la destinée du grain, qui a disparu dans tous les cas.

Sur un échantillon de mai, j'ai remarqué que les logettes les plus voisines du hile ne présentaient pas, en regard de ce dernier, la sclérification ni la formation du grain. En partant de cellules de la couche protectrice, qui avaient les caractères indiqués plus haut, et en suivant cette couche, les caractères du tissu protecteur disparaissent graduellement et l'on voit des cellules de même aspect que celles du tissu nourricier qui les avoisinent, et ne s'en distinguent que par l'absence d'amidon. Il y a eu en ce point retard dans la formation des cellules protectrices, mais la sclérification a dû se faire ultérieurement, car je n'ai pas vu après maturité qu'il y ait eu sclérification incomplète des logettes voisines du hile.

Parenchyme externe (Fig. 4).

Le parenchyme externe entoure toute la galle et offre des caractères très constants; il se retrouve au hile, traversé par les faisceaux vasculaires. C'est un parenchyme un peu lacuneux, formé de cellules à paroi mince, de taille moyenne (80 μ), un peu allongées vers la surface libre. Leur protoplasme est très vacuolaire, concentré surtout contre la paroi, avec des grains d'amidon peu nombreux, surtout dans la zone externe; les tanins ne sont pas très abondants.

En profondeur, ce tissu passe graduellement au tissu protecteur des logettes les plus externes par des intermédiaires identiques à ceux

que présente le parenchyme interloculaire. Les caractères des deux parenchymes sont absolument les mêmes.

En se rapprochant de la surface, les cellules sont plus petites, arrondies ; leurs dimensions sont les mêmes dans tous les sens, et décroissent jusqu'à 30 ou 40 μ; les méats sont plus grands. L'ensemble forme cette couche jaune, atteignant 1 millimètre aux points où elle est le plus épaisse, qui limite la galle. La membrane est subérisée, mais les cellules ne sont pas vides comme cela a lieu généralement en pareil cas. Tout le contenu s'est condensé en une pellicule granuleuse appliquée contre la paroi, présentant une couleur jaune qui est renforcée par le réactif de Millon; le vert d'iode colore en vert franc, sauf dans les assises les plus externes où il donne une teinte vert-jaunâtre ou jaune. La fuchsine acide, l'hématoxyline au fer colorent également. Enfin, la réaction des tanins est très intense. Nous avons en somme les mêmes caractères que ceux qui ont été décrits pour le grain de la couche protectrice; il s'agit probablement dans les deux cas d'une matière albuminoïde coagulée par les tanins.

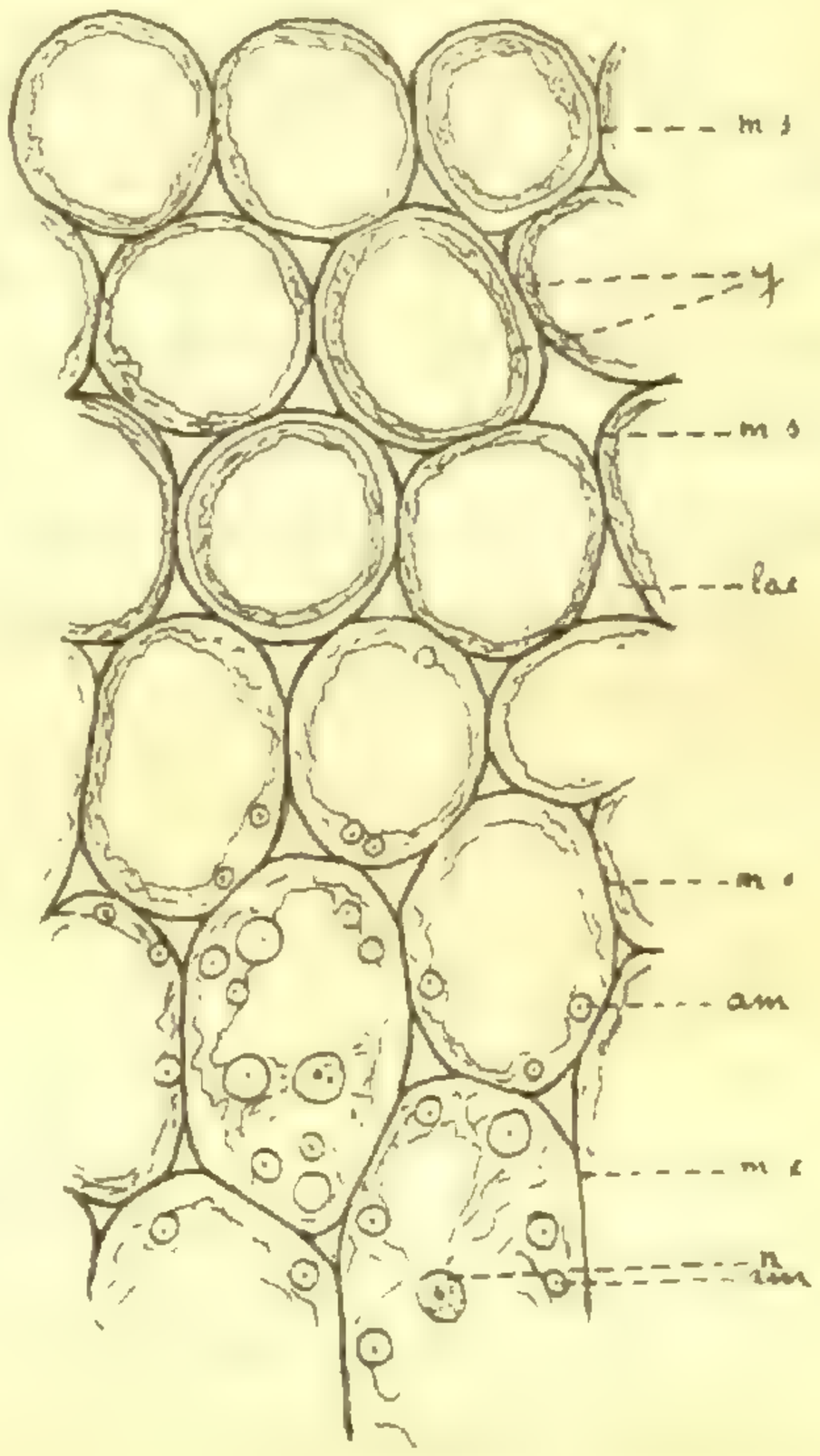


Fig. 4. — Coupe dans le liège périphérique grossie 200 fois). *am*, amidon; *lac.*, lacune intercellulaire ; *m.c.*, membrane cellulosiques ; *m.s.*, membrane subérisée; *y*, pellicules des membranes subérisées.

Faisceaux vasculaires

Les faisceaux vasculaires sont formés de vaisseaux spiralés entourés de cellules vides, allongées, à parois cellulosiques, sans transitions avec le parenchyme de la galle.

Hile de la galle

Le parenchyme externe se retrouve au hile de la galle, avec sa couche subérisée qui est accolée à la formation subérisée de la racine; mais souvent ces deux lièges sont décollés. Le parenchyme est traversé de faisceaux vasculaires très nombreux et très serrés, dont l'ensemble forme une courte colonnette, d'environ 1 centim. de diamètre, qui rattache solidement la galle à la racine. Du hile, ces faisceaux s'irradient dans toute la galle entre les logettes.

CONCLUSIONS

I.— La galle d'*Andricus radicis* est tout à fait analogue, en tant que galle pluriloculaire, à celle d'*Andricus Sieboldi* (1), qui est uniloculaire. Comme cette dernière, elle s'est très vraisemblablement formée dans l'assise génératrice.

C'est une galle à parenchyme celluleux; dans ce parenchyme se différencient autour de chaque larve :

1° une couche nourricière, bourrée de grains d'amidon, qui disparaissent près de la larve, remplacés par une masse alimentaire riche en tanins et en huile;

2° une couche protectrice formée de cellules scléreuses ponctuées et contenant un gros grain albuminoïde et tanique; en s'éloignant de la larve, cette couche passe au parenchyme par tous les intermédiaires.

La partie superficielle de la galle est constituée par un liège lacuneux; le contenu des cellules y est réduit à une mince pellicule tanique appliquée contre la paroi.

II.— Les tanins existent dans toute la galle, mais ils ne sont abondants qu'en trois endroits : dans les cellules nutritives les plus voi-

(1) Houard. Thèse Doctorat, Paris, 1903, p. 262.

sines de la larve; — dans la couche protectrice; — dans le liège périphérique. Leur abondance coïncide avec l'absence d'amidon, et provoque la coagulation du contenu, qui persiste dans la couche protectrice sous forme d'un grain, dans le liège périphérique sous forme d'une pellicule, alors que, dans ces deux tissus, on ne trouve chez d'autres galles que des cellules vides.

III. — L'éclosion des larves, effectuée vers les premiers jours de juillet, est immédiatement suivie de l'exode.

Ces recherches ont été faites au laboratoire de M. le professeur Matruchot, dont les précieux conseils ne m'ont jamais fait défaut. Qu'il veuille bien recevoir l'expression de ma gratitude.

BIBLIOGRAPHIE

1. 1737. Réaumur. Histoire des Insectes, t. III, p. 455.

2. 1853. Lacaze-Duthiers. Matériaux pour servir à l'histoire des galles. in *Ann. des Sciences Naturelles Botan.*, IIIe série, t. XIX, p. 328.

3. 1901. Kieffer. Monographie des Cynipides, t. I, p. 505-506.

4. 1906. Grevillius et Niessen. *Zoocecidia et Cecidiozoa*, fasc. I, nº 19. Voir dans ces deux ouvrages la bibliographie complète.

5. 1908. Houard. Zoocécidies des plantes d'Europe, t. I, p. 246.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

On annonce le décès de M. Félix PLATEAU, professeur à l'Université de Gand, né en 1841, connu par ses recherches entomologiques et par ses remarquables expériences prouvant qu'il n'y a aucune adaptation entre les insectes mellifères et la couleur des fleurs.

***

On annonce la mort à Leyde, du Professeur Van BEMMELEN, décédé à l'âge de 81 ans, connu par ses travaux sur les colloïdes et sur les phénomènes d'adsorption.

***

Un Comité s'est constitué à Amsterdam pour élever un monument à la mémoire de VAN'T HOFF.

***

L'assemblée générale de l'Œuvre forestière du Limousin, s'est réunie en février 1911, sous la présidence de M. LE GENDRE. L'assemblée a décidé : 1° de porter à 20.000 francs, le capital qui doit être affecté aux reboisements; 2° de créer une pépinière devant fournir à l'Œuvre les plantes qui lui sont nécessaires. Des subventions sont allouées de divers côtés à cette Société.

***

Le prix TIEDEMAN a été attribué par la Société des Naturalistes de Francfort, à M. Richard WILLSTÄTTER, professeur à Zurich, pour ses recherches sur la constitution de la chlorophylle.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères.

Le Gérant, Ch. PIETTRE.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-TROISIÈME

Livraison du 15 Mai 1911

N° 269

Entered at the New-York Post Office as Second Class matter.

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

1, RUE DANTE, 1

1911

LIVRAISON DU 15 MAI 1911

I. — ESSAI SUR UNE THÉORIE DE LA NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES VASCULAIRES, BASÉE SUR LA STRUCTURE DE LA RACINE (avec figures dans le texte), par **M. Jean de Rufz de Lavison** 177

II. — ACTION DE LA PRESSION OSMOTIQUE DU MILIEU SUR LA FORME ET LA STRUCTURE DES PLANTES (avec figures dans le texte), par **M. J. Beauverie**. . . 212

III. — REMARQUES SUR LE GENRE *STREPHONEMA* HOOK. F., par **M. Marcel Dubard** 220

IV. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 224

Cette livraison renferme dix figures dans le texte.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement 1, rue Dante, Paris (V^e^).

ESSAI SUR UNE THÉORIE DE LA NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES VASCULAIRES

basée sur la structure de la racine

par M. Jean de RUFZ de LAVISON

I. — INTRODUCTION

La question de la nutrition minérale des plantes phanérogames vivant dans des solutions, vieille déjà de plus d'un siècle, n'est pas encore résolue. Certains auteurs, reprenant la théorie de Liebig, ont supposé, tout récemment, que l'excrétion par les racines pouvait avoir une influence importante sur la composition des cendres de la plante (1). Parmi ces auteurs les uns ont cru constater cette excrétion avec des plantes dans le sol, les autres avec des plantes vivant des solutions. Il est à remarquer que tout dernièrement André (2) n'a pu constater l'excrétion par les racines d'aucune des substances qui avaient préalablement pénétré dans la plante. Indépendamment de l'influence que pourrait avoir l'excrétion par les racines sur la composition minérale de la plante, on admet d'ordinaire que ce sont des équilibres plus ou moins complexes entre les liquides de l'ensemble de la plante et ceux de la solution qui règlent la quantité respective des matières absorbées par les végétaux. Cette dernière théorie que l'on trouve déjà exposée par Schulz-Fleeth, en 1857, a été développée depuis par différents

(1) Wilfarth, Römer, Wimmer. *Ueber die Nahrstoffe der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihrer Wachstums.* (Land. Vers.-Stationen, t. LXIII, 1906, p. 1.)
Seidler Stützer. (Journ. f. Landwirthschaft, t. LXXI, 1908, p. 273).
Seleans : Institut botanique de Genève, 1907 et 1908.
Mazé. — *Sur l'excrétion des matières salines pendant le cours de la végétation annuelle.* (C. R., t. 151, p. 1378, 1910).

(2) M.-G. André. — *Sur la conservation des matières salines pendant le cours de la végétation annuelle.* (C. R., t. 151, 1910, p. 1378.)

auteurs principalement par Dehérain (1), puis par Demoussy (2), elle est d'ailleurs reproduite, depuis l'apparition du traité de Physiologie de Sachs, dans tous les ouvrages classiques. L'ancienne théorie formulée par de Saussure (3), qui attribuait à la spécificité de la racine l'inégale absorption des différents sels par un même végétal et l'inégale absorption d'un même sel par des végétaux différents, est actuellement tombée complètement dans l'oubli, bien qu'il ait donné des preuves à l'appui de cette manière de voir en indiquant, sans toutefois donner de dosages, que la section ou la décomposition des racines favorisent l'introduction des sels dans les plantes. Je rappellerai toutefois que tout récemment, MM. Plantanelli et Sella (4) ont cru constater que l'acide et la base d'un sel n'étaient pas absorbés avec la même vitesse par les racines.

Sans rechercher dans le présent travail si l'excrétion *minérale* par les racines est une réalité et si l'on peut, par conséquent, supposer qu'elle ait une influence sur la composition des cendres de la plante, je montrerai qu'il est facile d'abord de prévoir par la structure de la plante, puis de constater par l'expérience, que la nutrition minérale des végétaux est, en tout cas, sous la dépendance intime des propriétés de l'endoderme de la racine. De la plus ou moins grande perméabilité de ce dernier pour les sels dissous, dépendra la qualité et la quantité des substances absorbées par le végétal, tandis que les équilibres entre les liquides contenus dans les tissus de la tige, et la solution extérieure n'auront, vraisemblablement, que peu d'importance.

L'on s'est rarement posé la question, en physiologie, de savoir si la structure de la racine devait en quelque sorte servir de base à une théorie de l'absorption des matières minérales par les végétaux; les auteurs qui ont formulé cette hypothèse l'ont résolue négativement : Dehérain (5) écrit, en effet, « qu'il suffit d'énoncer cette hypothèse pour voir combien elle est singulière et peu conforme avec ce qu'enseigne la science actuelle ennemie des causes occultes.

(1) Dehérain. — Ann. sc. nat., t. VIII, 1867, p. 145.

(2) Demoussy. — *Absorption par les plantes de quelques sels solubles*, Thèse Paris, 1899.

(3) De Saussure. — *Rech. chimiques sur la végétation*, 1804.

(4) Plantanelli e M. Sella. *Assorbimento elettivo di ioni nelle Radici.* (Rendic. Acc. lincei, 5, XVIII, II ser., p. 481-488).

(5) Dehérain. — *Traité de Chimie agricole*, 2e édit., 1902, p. 180.

La répugnance qu'inspire cette hypothèse est, au reste, justifiée par l'examen des organes d'absorption»; en soumettant à un examen attentif les racines de deux espèces, il est, dit-il, impossible d'y découvrir les moindres différences bien que la composition des plantes auxquelles elles appartiennent montre qu'elles ont absorbé des principes très différents. Je dois dire que c'est justement cette unité de structure des organes absorbants qui m'a conduit à penser, puis à vérifier par l'expérience, que certaines assises constantes dans la racine pouvaient avoir un rôle physiologique important.

La plupart des physiologistes qui se sont occupés de la nutrition minérale des végétaux, ne se sont même généralement pas posé cette question. Contrairement aux zoologistes qui cherchent toujours à expliquer l'anatomie par la physiologie, il semble qu'en physiologie végétale la racine considérée comme organe absorbant des végétaux, ne soit simplement qu'un système de vaisseaux entouré par du parenchyme dont la structure n'offre aucun intérêt. Or, la structure de la racine est cependant fort complexe, et doit, selon moi, servir de base à une théorie minérale de la nutrition de la plante.

J'ai déjà montré, dans une publication antérieure (1), que *les cadres subérisés de l'endoderme sont imperméables, et que tout sel, pour pénétrer dans la plante, doit forcément traverser le protoplasme de l'endoderme.* J'ai ainsi constaté l'arrêt contre les cadres subérisés de sels qui sont incapables de pénéter dans le protoplasme; j'avais pris comme exemple le sulfate de fer.

Ce fait m'avait conduit à penser qu'il est bien possible que la quantité respective des différents sels qui pénètrent dans la plante, soit en grande partie influencée par une sorte de filtration à travers ce protoplasme. Chaque sel traverserait le protoplasme de l'endoderme avec une vitesse donnée dans des conditions données; cette vitesse, dépendrait d'après les idées actuelles, de la solubilité du sel dans le protoplasme de l'endoderme considéré dans son ensemble comme une membrane vivante entourant le cylindre central.

Je commencerai par indiquer comment l'étude anatomique de la plante peut nous faire prévoir les résultats que nous donneront les expériences ultérieures.

(1) J. de Rufz de Lavison. — *Du mode de pénétration de quelques sels dans la plante vivante. Rôle de l'endoderme.* (Rev. gén. de bot., XXII, 1910, p. 225).

II. — REMARQUES SUR L'ANATOMIE DE LA PLANTE ET SA SIGNIFICATION PROBABLE AU POINT DE VUE DE LA PÉNÉTRATION DES SELS

Plaçons-nous d'abord au point de vue très général du passage d'un sel à travers un tissu homogène parenchymateux. Il est évident que le sel peut traverser ce parenchyme soit en pénétrant uniquement par les membranes cellulosiques et les méats, ou à la fois par la cellulose et le protoplasme. Dans un tissu âgé, un sel qui ne traverse pas le protoplasme peut pénétrer uniquement par les membranes, car celles-ci ne participent plus que peu des propriétés de la matière vivante. Dans un parenchyme jeune en voie de croissance, la membrane cellulosique ayant les propriétés du protoplasme, la diffusion d'un sel ne peut s'effectuer que s'il est capable de pénétrer dans le protoplasme.

J'ai d'ailleurs déjà attiré l'attention sur ces faits dans le mémoire cité plus haut en montrant expérimentalement que dans la partie absorbante de la racine, les membranes cellulosiques sont perméables même aux sels qui ne traversent pas le protoplasme. Les sels ne sont, somme toute, arrêtés dans leur trajet que par la subérisation de la membrane.

A l'extrémité d'une racine, par contre, là où l'endoderme n'est pas encore différencié, la simple inspection d'une coupe nous montre déjà que le cylindre central est formé de cellules ne laissant entre elles aucun méat; de plus, les parois des cellules sont très peu épaisses, contrairement à ce que l'on observe dans l'écorce.

Ces différences anatomiques entre le cylindre central et l'écorce de la racine jeune correspondent d'ailleurs à des différences physiologiques. Les membranes du cylindre central sont, en effet, imperméables aux sels de fer qui pénètrent au contraire avec une facilité relativement grande par les parois des cellules de l'écorce. On peut s'en assurer en observant l'arrêt d'un sel de fer, par exemple, contre le péricycle et non plus comme précédemment, au milieu de l'endoderme ainsi que le montre la fig. 1. (Pour la technique, je renvoie au travail cité).

D'après ce que nous venons de dire, dans la région des poils absorbants, l'écorce ne peut s'opposer à la pénétration d'un sel,

même si celui-ci est incapable de traverser le protoplasme; il cheminera aisément par les parois cellulosiques et les méats jusqu'à l'endoderme. J'ai, d'ailleurs, établi ce fait de façon expérimentale.

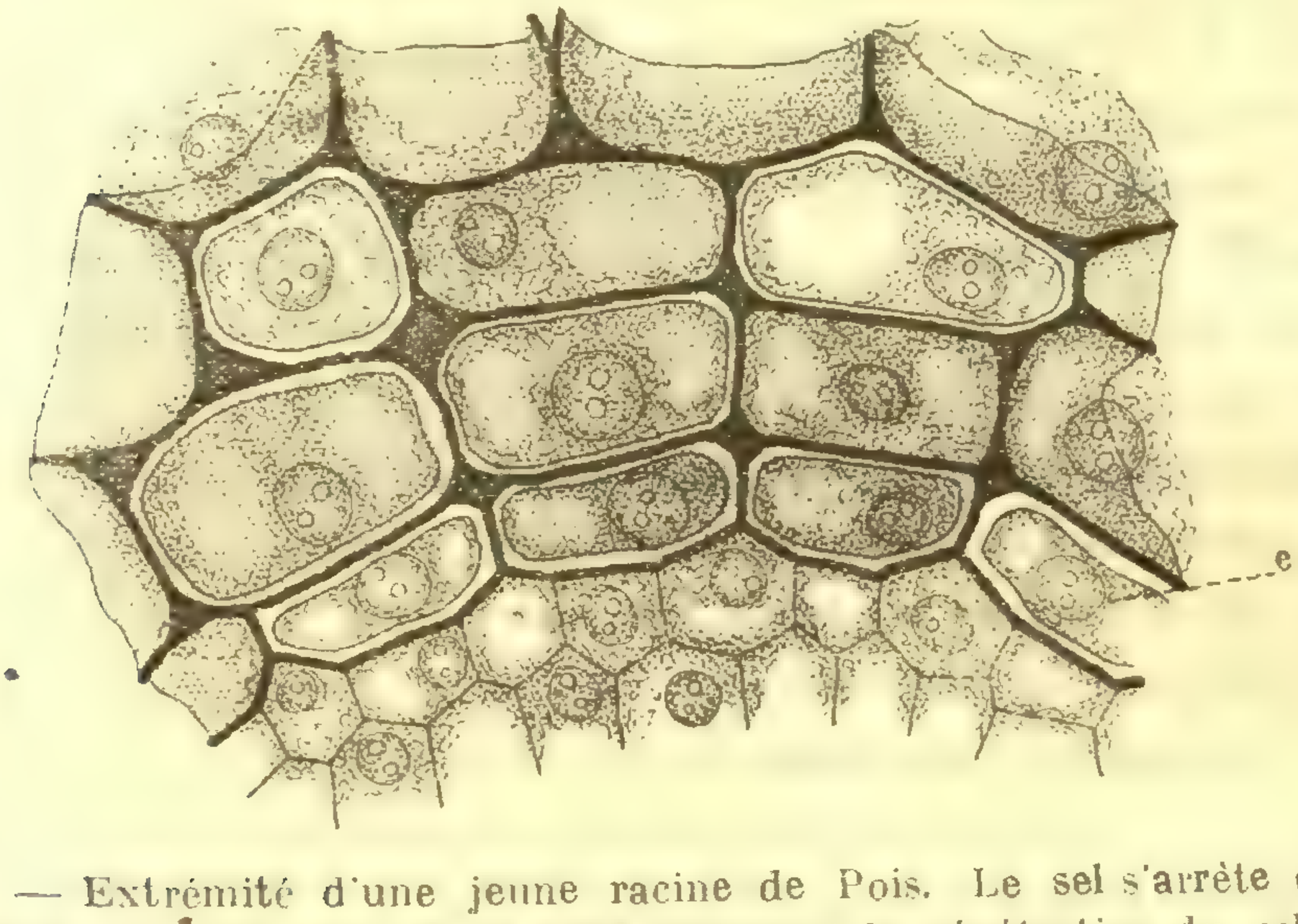


Fig. 1. — Extrémité d'une jeune racine de Pois. Le sel s'arrête contre le péricycle. Le trait fort et le grisé indiquent la pénétration du sel par les membranes. Le protoplasme n'est pas coloré. *e*, endoderme.

* * *

Supposons maintenant que le sel ait pénétré jusqu'à l'endoderme. L'endoderme est l'assise la plus compliquée de la racine, au point de vue anatomique. Recherchons si cette structure ne nous donnera pas des indications au point de vue des phénomènes de nutrition. Le caractère anatomique le plus apparent est la présence d'un cadre subérisé dans la cellule endodermique; l'ensemble de ces cadres subérisés forme autour du cylindre central une sorte de treillis interrompant la continuité de la cellulose perméable dans la plante. Il y a lieu de considérer, en outre, que le protoplasme de l'endoderme est relié intimement aux cadres subérisés; ce fait a du reste été signalé depuis longtemps par Caspary. On sait que cet endoderme est très précoce, que son apparition concorde en général à l'extrémité de la racine avec la différenciation des vaisseaux, et qu'en outre, dans les parties où il n'existe pas encore, la membrane cellulosique jeune a les propriétés du protoplasme. Ce n'est pas une assise mécanique de soutien comme le prouve sa grande fragilité; il suffit, en effet, d'une légère traction sur la racine pour séparer le cylindre central de l'écorce

au niveau des cadres subérisés; de sorte que l'endoderme se trouve divisé en deux parties, l'une attenant au cylindre central et l'autre à l'écorce.

C'est vraisemblablement un rôle d'imperméabilité qu'il faut attribuer à ces cadres; les organes de soutien de la plante sont, en effet, constitués par des tissus lignifiés ou par des tissus collenchymateux, tandis que le liège est seulement un tissu de protection imperméable. Ces cadres subérisés, d'ailleurs, malgré leur faible épaisseur, sont, comme j'ai pu le montrer, imperméables à l'eau et aux sels dissous.

Nous concluons immédiatement qu'un sel, pour pénétrer dans la plante, sera obligé de passer soit à travers le protoplasme de l'endoderme, soit à travers les tissus jeunes existant à l'extrémité de la racine, qui possèdent, comme nous l'avons dit, les mêmes propriétés que le protoplasme lui-même. Il en résulte que pour pénétrer dans un végétal, toutes les substances seront, en quelque sorte, soumises à une filtration. Il est à remarquer qu'en raison de l'union intime du cadre et du protoplasme de la cellule endodermique, le sel ne peut passer entre la paroi et le protoplasme; *c'est donc comme si nous avions une véritable membrane continue de protoplasme qui entourerait le cylindre central.* Il est évident que nous constaterons un arrêt, à la fois pour les sels qui ne sont pas susceptibles de traverser le protoplasme, et pour les sels qui, pénétrant dans le protoplasme, y contractent des combinaisons insolubles qui s'opposent à leur diffusion. Quant à la majorité des sels nutritifs qui, selon des faits bien connus, traversent aisément le protoplasme, il est vraisemblable que la membrane endodermique doit jouer, vis-à-vis d'eux, le rôle d'un filtre plus ou moins parfait.

* * *

Après son passage éventuel à travers l'endoderme, le sel doit traverser le péricycle pour pénétrer dans les vaisseaux. En général, cette assise n'aura aucun rôle, bien que H. Colin et moi (1) ayons pu

(1) H. Colin et J. de Rufz. — *Sur l'absorption du Baryum par les plantes* (C. R., t. 151, 1910).

Absorption comparée des sels de Baryum, Strontium et Calcium par la plante vivante. (Rev. gén. bot., XXII, 1910, p. 337.)

constater qu'il exerce une curieuse action à l'égard des composés du baryum qui sont précipités à l'intérieur de la cellule péricyclique sous forme de granulations d'oxalate de baryum.

Supposons maintenant qu'un sel ait pénétré à travers l'écorce, l'endoderme et le péricycle jusque dans la cavité des vaisseaux et que nous essayions de préciser son mode de pénétration dans la plante. Il reviendrait au même, que nous placions une tige sectionnée dans la solution en question. L'anatomie de la plante ne nous montre pas que le sel puisse être arrêté en un point quelconque de son trajet jusqu'aux feuilles; les vaisseaux ne sont, somme toute, que des organes morts et les parois des cellules qui les entourent sont extrêmement perméables pour tous les sels dissous. (Il est bien entendu que nous ne nous plaçons pas ici dans le cas de tiges étiolées, chez lesquelles les parois des vaisseaux non lignifiés peuvent peut-être, jusqu'à un certain point, jouer le rôle de membranes). D'après les idées actuelles, la diffusion du sel dans la tige pourra être retardée si ce sel se trouve déjà en concentration notable, dans les espaces intercellulaires et les parois. Il est nécessaire de spécifier ici que le sel doit se trouver dans les espaces intercellulaires et non dans le protoplasme lui-même.

Il n'est pas probable que le sel puisse se trouver en forte concentration dans la membrane car le protoplasme possède d'ordinaire, à l'égard des sels nutritifs, une affinité considérable les accumulant souvent à son intérieur; de sorte que les espaces intercellulaires s'appauvrissant en sels, ceux-ci peuvent ne pas atteindre peut-être dans les tissus la tension suffisante pour empêcher la montée de nouvelles substances. Il est à remarquer aussi qu'il n'y a à parler d'équilibre que lorsque les liquides ne sont pas en mouvement. Si nous nous plaçons au point de vue d'une tige sectionnée, évaporant d'une façon notable, il est vraisemblable que la concentration sera bien supérieure au sommet de la tige que dans le liquide extérieur.

Nous voyons cependant que la structure de la tige ne nous fournit pas de résultats aussi positifs au point de vue de l'absorption des sels minéraux que la racine. Nous pressentons qu'il n'y aura pas d'arrêt, du moins pour les sels qui ne s'unissent pas aux membranes en formant des composés non diffusibles, mais nous ne pouvons pas être certains que la tige n'exercera aucune action quantitative sur la montée des sels.

* * *

Comme nous l'avons fait remarquer, la nutrition du végétal est, d'après les données anatomiques, sous la dépendance intime des propriétés du protoplasme de l'endoderme.

Nous ne connaissons naturellement pas encore les propriétés caractéristiques de ce protoplasme spécial, mais nous pouvons avoir des données nombreuses sur les propriétés du protoplasme en général. Les recherches de de Vries tendaient à faire considérer le protoplasme comme imperméable aux azotates, chlorures, etc., de la plupart des sels nutritifs : de nouvelles expériences ont montré que ces idées avaient un caractère beaucoup trop absolu. Sans m' occuper des méthodes plasmolytiques qui donnent, ou du moins prétendent donner, la quantité des substances pénétrant dans une cellule d'après une formule tirée de la différence entre la tension limite du sel qui provoque la plasmolyse, et la tension inférieure qu'il devrait avoir s'il ne pénétrait pas dans le protoplasme, méthode qui me semble quelque peu sujette à caution, je m'en tiendrai soit à l'observation directe, soit à l'observation microchimique, soit aux résultats fournis par des dosages d'organes de végétaux plongeant dans les solutions données. Sans entrer dans les détails, je dirai seulement que Nathansohn (1) a montré jusqu'à l'évidence que les chlorures, sulfates, azotates, pénétraient dans le protoplasme, et que les liquides cellulaires étaient souvent plus riches en sels que la solution dans laquelle plongeaient les objets expérimentés. Il est facile de constater microchimiquement, comme l'on montré plusieurs auteurs, que les sulfocyanures, azotates, chlorures, etc., pénètrent dans le protoplasme ; j'en donnerai une nouvelle preuve en considérant le passage de ces substances à travers le protoplasme de l'endoderme; il résulte, en effet, d'expériences antérieures, que du moment qu'un sel peut être décelé dans le cylindre central, il a forcément traversé le protoplasme de l'endoderme, ou ce qui revient au même, les membranes jeunes de l'extrémité de la racine.

* * *

Quant à la nature de la pénétration et aux quantités respectives de sels qui pénètrent dans les tissus, elles tiennent à des équilibres

(1) Nathansohn. (Jahrb f. wiss. Bot. XXXVIII, 241, 1903. NL, 1909. XXXIX, 1909).

multiples entre le milieu extérieur et intérieur dépendant à la fois de la nature de la cellule, du sel employé, et de l'état actuel de la membrane, c'est-à-dire, par exemple, des substances déjà tenues en solution dans le protoplasme.

Toujours au point de vue de la pénétration des sels, j'ai affirmé dans un travail antérieur que les sels des métaux lourds ne pénétraient pas dans le protoplasme. Ceci étant en contradiction formelle avec les données classiques mérite quelques éclaircissements.

Il est, en effet, d'usage de considérer que la pénétration d'un sel à travers une membrane dépend de sa solubilité dans cette membrane: c'est une façon de considérer le phénomène général du passage d'un sel à travers une membrane qui ne préjuge de rien, si l'on n'attache pas au mot de solubilité un sens par trop précis, car cela signifie simplement qu'un sel traverse une membrane plus ou moins vite, selon qu'il y pénètre en plus ou moins grande proportion. Mais un grand nombre d'auteurs, Nernst, par exemple, au point de vue des membranes artificielles, Overton (1), au point de vue de la membrane protoplasmique, donnent au terme de solubilité un sens aussi précis que lorsque nous parlons de la solubilité d'un corps dans un autre. Overton prétend que la membrane protoplasmique est un mélange de lécithine et de cholestérine, et que de la plus ou moins grande solubilité des différentes substances dans ces deux solvants dépend leur pénétration dans le protoplasme. C'est ainsi qu'il explique que la plupart des sels des métaux lourds qui sont solubles dans la lécithine et la cholestérine, traversent aisément le protoplasme; d'après mes expériences, il existe au contraire un *antagonisme entre ces sels et le protoplasme vivant*. Ces sels ne traversent, en effet, ni le protoplasme de l'endoderme, ni la cellulose jeune; ceci n'est pas dû à ce que, formant tout d'abord des combinaisons insolubles avec la couche extérieure du protoplasme, ils soient, par ce fait, tout naturellement retardés dans leur diffusion, car *le protoplasme mort s'unit immédiatement aux sels des métaux lourds, sous forme de composé insoluble* et est traversé avec une rapidité considérable par ces mêmes sels. Je me réserve, d'ailleurs, de montrer par des expériences toutes différentes qu'il existe véritablement un antagonisme entre les sels des métaux lourds et le protoplasme.

(1) Overton. Viertel Jahresschr. d. naturf. Gesells. Zurich, 1895 et Jahrb. f. wiss. Bot., 34, 669, 1900.

III. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

A. Substances ne traversant pas le protoplasme

Généralités sur les expériences

Les expériences qui suivent se rapportent aux sels qui ne traversent pas le protoplasme vivant; ces sels peuvent être groupés en deux catégories :

1° Nous distinguerons ceux qui, en raison de leur affinité pour la membrane cellulosique inerte ne sont pas capables de pénétrer dans la plante, tels qu'ils ont été présentés; rien ne prouve, d'ailleurs, qu'ils ne puissent être modifiés et que leurs éléments ne puissent pénétrer séparément sous une nouvelle forme dans le végétal. Cela est même certain pour quelques-uns d'entre eux. Le sulfate de fer, par exemple, peut servir d'aliment ferrugineux à la plante; cependant, absorbé par une tige ou une racine sectionnées, il ne pénètre que de quelques centimètres. Il est donc nécessaire, puisque le fer est dans ce cas un aliment, qu'il y ait dans les tissus de la racine une transformation du sulfate de fer.

2° En second lieu, nous nous occuperons de sels qui, bien qu'incapables de pénétrer dans le protoplasme, sont susceptibles de diffusion, ne possédant que peu ou pas d'affinité pour les membranes. Ces sels, absorbés par une tige sectionnée, pénètrent aisément jusque dans les feuilles; ils seront arrêtés, au contraire, au niveau de l'endoderme, dans le cas où nous les ferons absorber par une plante entière munie de ses racines. Ce n'est qu'après avoir étudié ces différents cas, qui nous renseigneront mieux que tout autre procédé sur le mécanisme intime de la pénétration des sels dans la plante, que nous aborderons l'étude de l'absorption des sels nutritifs proprement dits.

Je laisse intentionnellement de côté un certain nombre de substances qui pénètrent bien dans le protoplasme vivant (ou tout au moins dans certains protoplasmes particuliers), mais qui contractent à son intérieur des liaisons suffisamment stables (avec des tanins ou des matières analogues) pour empêcher leur diffusion. Ces substances, comme je l'ai fait remarquer, seraient arrêtées à l'endoderme, si toutefois elles n'étaient pas arrêtées par les premières assises de

l'écorce, en raison de leur accumulation. Je laisse également de côté l'étude de la pénétration des substances colloïdales.

1° — Expériences effectuées avec des sels non diffusibles en raison de leur affinité pour les membranes

J'ai déjà montré, en me plaçant d'ailleurs presque uniquement au point de vue anatomique, qu'en raison de l'imperméabilité des cadres subérisés, un sel, comme le sulfate de fer, employé à une concentration non toxique, ne pénétrait pas dans la plante plus loin que les cadres subérisés de l'endoderme. J'ai insisté aussi sur ce que nous aurions pu prévoir ce fait en nous basant uniquement sur des données anatomiques, si toutefois nous avions su que le fer ne pénétrait pas dans le protoplasme. Je rappellerai aussi que la recherche microchimique avec le ferricyanure chlorhydrique n'avait décelé la présence de fer que dans la racine, le fer complexe qui se trouve normalement dans tout protoplasme, et par conséquent dans les autres parties de la plante, n'étant pas décelé par ce réactif. Si nous prenons une réaction plus sensible, par exemple en chauffant des coupes avec de la glycérine additionnée de $S(AzH^4)^2$, nous constatons que le protoplasme des cellules de la tige prend une légère coloration noire qui n'est pas plus forte dans le cas de plantes dont les racines ont absorbé du sulfate de fer, que dans le cas de plantes ayant poussé dans l'eau pure; le fer s'est donc localisé dans la racine et n'a pas pénétré plus loin que l'endoderme, ni sous forme minérale, ni sous forme complexe. Des dosages séparés de tiges et de racines confirment d'ailleurs cette manière de voir.

Des Pois âgés de 10 jours sont placés dans des cristallisoirs de 3 litres contenant du sulfate de fer à 1/20000; le liquide est renouvelé deux fois pendant le temps que dure l'expérience. Au bout d'une huitaine de jours, l'on dose séparément le fer dans les tiges et les racines des plantes en expérience et aussi chez des plantes témoins poussées dans l'eau pure; le fer est dosé par la méthode volumétrique au moyen du permanganate.

Plantes témoins

	Tiges	Racines
Poids sec	7 gr. 510	3 gr. 100
Cendres	0 gr. 240	0 gr. 280
Fe^2O^3	0 gr. 013	0 gr. 006
Fe^2O^3 °/₀₀ de la matière sèche	1,7	1,9

Plantes restées 8 jours dans SO^4Fe

Poids sec	7 gr. 110	3 gr. 200
Cendres	0 gr. 215	0 gr. 305
Fe^2O^3	0 gr. 012	0 gr. 020
Fe^2O^3 °/₀₀ de la matière sèche	1,6	6.1

Le dosage confirme donc pleinement la recherche microchimique. Le fer est localisé dans la racine; s'il a pénétré dans la tige, ce n'est qu'en dose peu considérable. Il est cependant impossible de dire, étant donné que tous les organes contiennent normalement du fer, que le fer n'a absolument pas pénétré dans la tige.

J'insisterai maintenant sur ce fait que les expériences précédentes ont toutes été faites à la *lumière diffuse*; les plantes, dans ces conditions, semblent uniquement épuiser les réserves des cotylédons sans être capables de modifier de façon notable les aliments qui leur sont offerts; tandis que des plantes poussées à la lumière dans des conditions normales se conduiront, comme nous l'indiquerons ultérieurement de façon fort différente.

Des expériences analogues peuvent être faites avec la plupart de sels solubles de plomb, de cuivre et de mercure: Des plantes sont placées dans de l'azotate ou de l'acétate de plomb à 1/20000, à 1/50000; des coupes pratiquées rapidement à la main dans les tiges et les racines, en traitant par $S(AzH^4)^2$ l'on observe déjà, au bout de 21 à 18 heures, une coloration noire intense dans l'écorce jusqu'aux cadres subérisés de l'endoderme. Les sels de mercure et de nickel donnent des résultats analogues; à des concentrations encore plus diluées, le chlorure et le sulfate de cuivre, décelés au moyen du ferrocyanure, donnent les mêmes résultats. La figure 2 représente l'arrêt de l'acétate ou de l'azotate de plomb contre l'endoderme. Ce sel a pénétré uniquement par les membranes sans pénétrer dans le protoplasme.

La figure 1 montre par contre, à l'extrémité d'une racine, l'arrêt contre le péricycle d'un sel ne traversant pas le protoplasme. Les parois du péricycle sont, en effet, formées de cellulose jeune, et

possèdent, par conséquent vis-à-vis du sel, le même caractère d'imperméabilité que le protoplasme.

La recherche de ces trois métaux dans les cendres des racines de plantes ayant séjourné dans les solutions précédentes est fort aisée.

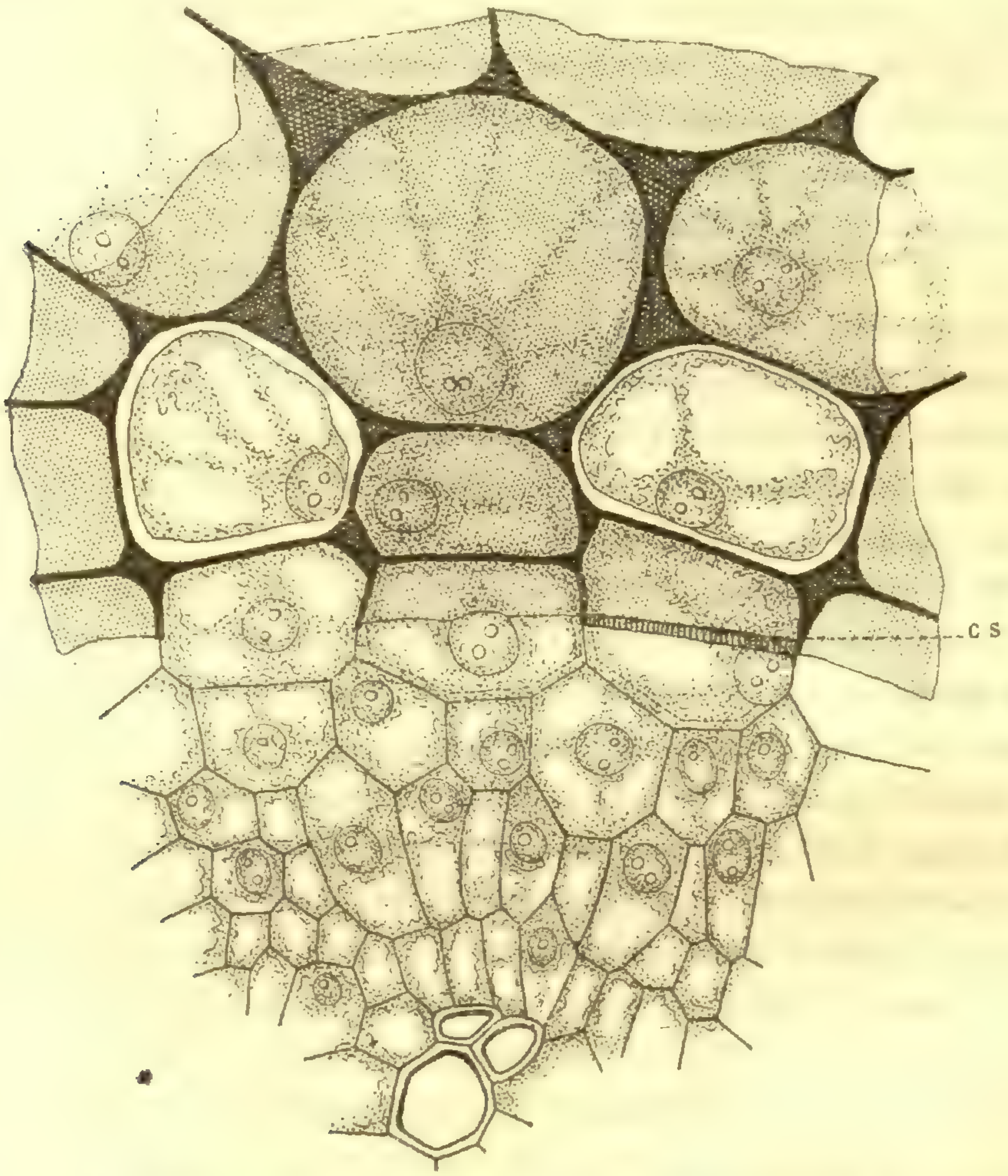


Fig. 2. — Coupe d'une racine de Pois, dans la région absorbante. Le sel s'arrête contre les cadres subérisés de l'endoderme. — Le trait fort et le grisé indiquent la pénétration du sel par les membranes. Le protoplasme n'est pas coloré. *cs*, cadre subérisé de l'endoderme.

Mais il n'est pas possible d'en trouver dans les tiges avec les réactifs ordinaires. Ici, que les expériences aient eu lieu à la lumière diffuse ou au soleil, l'on ne trouve, dans un cas comme dans l'autre, ni cuivre, ni plomb, ni mercure, dans les tiges. Il n'en est pas de même comme je l'ai dit avec les expériences exécutées avec le sulfate de fer. *A la lumière solaire*, c'est-à-dire dans des conditions favorables pour

une bonne végétation, la plante se développe normalement et il est vraisemblable qu'elle acquiert la propriété de transformer, au moins partiellement, certaines substances offertes, car l'on trouve toujours que le fer est en plus grande abondance dans les feuilles et les tiges de végétaux poussés sur un milieu contenant du sulfate de fer que vivant sur un milieu n'en contenant pas. Cette sorte de transformation du fer dans la racine se fait vraisemblablement à partir de l'oxyde de fer produit par la décomposition du sulfate, mais ces sortes de phénomènes ne faisant pas partie de l'étude que j'envisage en ce moment, je me propose d'y revenir plus tard.

Nous constatons ainsi microchimiquement et par des dosages l'arrêt de certains sels dans la racine; il serait facile, au lieu d'avoir recours à des dosages et à des réactions microchimiques, de se faire une idée immédiate du phénomène en se servant de certaines matières colorantes :

Une plante placée dans une solution de fuchsine, de vert d'iode, se comporte avec ces substances identiquement comme avec des sels de cuivre, de fer et de plomb, avec cette différence que nous pouvons voir la pénétration des sels sans qu'il y ait besoin de se servir de réactifs quelconques. Des coupes minces pratiquées rapidement à la main dans la racine, nous montrent immédiatement que le sel s'est arrêté contre les cadres subérisés de l'endoderme; ces coupes sont assez délicates à faire et doivent être observées immédiatement, car le colorant diffuse assez rapidement jusque dans le cylindre central. Il est aisé de remarquer, en outre, que ces substances n'ont pas pénétré dans la tige. Au point de vue des précautions à prendre dans ce genre d'expériences, je renvoie à mon travail antérieur.

Conclusions. — Les sels dont nous venons de parler ne sont pas diffusbiles dans la plante, en raison de leur affinité pour la cellulose et les albuminoïdes; ils pénètrent lentement par les parois cellulaires, sans pénétrer dans le protoplasme et se trouvent tout naturellement arrêtés par les cadres subérisés de l'endoderme, ne pouvant passer ni à travers la membrane qui est devenue imperméable en raison de sa subérification, ni par le protoplasme vivant pour lequel ils possèdent un véritable antagonisme. Il est à remarquer que même si l'endoderme n'existait pas, ces substances

ne pourraient diffuser loin dans le végétal. L'endoderme n'empêche donc ici la pénétration du sel que dans le cylindre central.

Ce serait une erreur de déduire des expériences précédentes que l'endoderme a un rôle protecteur pour l'ensemble de la plante vis-à-vis des sels précédents, d'autant plus que ces sels eux-mêmes n'existent pas dans le sol, et que le sol ne renferme vraisemblablement pas, parmi les substances solubles, de matières analogues, c'est-à-dire s'unissant fortement aux parois et incapables de traverser le protoplasme. Les expériences qui suivent traiteront de la pénétration de sels que l'endoderme empêche véritablement de parvenir dans la tige. c'est-à-dire de la deuxième catégorie de sels dont j'ai parlé plus haut. Ce sont des substances incapables de pénétrer dans le protoplasme et qui ne possèdent vis-à-vis des parois cellulaires que des affinités nulles ou peu marquées.

2° Expériences effectuées avec des substances n'ayant pas d'affinités pour les parois et incapables de pénétrer dans le protoplasme.

Une expérience facile à faire nous montrera d'abord que les substances comprises dans cette deuxième catégorie existent. Adressons-nous, en effet, à certaines matières colorantes comme l'éosine et le vert de méthyle. Des plantes entières munies de leurs racines placées dans des solutions diluées n'absorberont pas ces substances plus loin que les cadres subérisés de l'endoderme. Nous observerons ces faits en opérant comme précédemment. Tandis que chez les plantes dont la racine aura été préalablement sectionnée ou chez des tiges plongées par leurs sections dans ces solutions colorées, le colorant pénétrera jusque dans les feuilles ; l'observation directe de ce phénomène sera aisée.

Les matières colorantes en question ne sont pas seules à pouvoir servir d'exemple de pénétration analogue. Le citrate de fer est dans le même cas. L'observation superficielle nous montrera d'abord les faits suivants : chez des Pois entiers placés dans du citrate de fer à 1/4000 environ, on observera au bout de quelques jours, par des coupes pratiquées dans la racine, que le fer s'est déposé contre l'endoderme spécialement vis-à-vis des vaisseaux, sous forme d'oxyde ; les

coupes, traitées en effet par du ferricyanure chlorhydrique, présenteront une coloration bleue là où on observait préalablement une teinte jaune. Cette coloration s'arrête contre les cadres subérisés de l'endoderme. Ce sont bien les cadres subérisés eux-mêmes qui empêchent le citrate de fer de pénétrer dans le cylindre central et de là dans les feuilles, car chez une tige sectionnée placée dans la solution, on observe aisément, au moyen du ferricyanure chlorhydrique, que le fer a pénétré par les vaisseaux jusque dans les nervures des feuilles et a diffusé peu à peu dans le parenchyme. Il est à remarquer que ces coupes sont ici bien plus commodes à faire que lorsqu'il s'agissait soit de sulfate de fer, soit de matières colorantes, car le précipité d'oxyde de fer fixé dans les parois ne risque pas d'être entraîné dans le cylindre central lorsqu'on pratique des coupes.

* * *

Il est nécessaire de compléter ces expériences microchimiques et uniquement qualitatives, car il faut s'assurer si même sous cette forme éminemment diffusible, le fer ne traverse pas du tout le protoplasme de l'endoderme. La même objection que précédemment se pose d'ailleurs : le fer pourrait avoir pénétré dans les tissus de la feuille et n'être plus décelable par le ferricyanure. Des dosages comparatifs de tiges et de racines sont donc nécessaires pour résoudre cette question.

Nous rechercherons d'abord dans quelle proportion le citrate de fer est susceptible de monter dans la plante lorsqu'il ne trouve pas dans l'endoderme un obstacle à sa pénétration, c'est-à-dire chez la plante sectionnée.

Dans l'expérience suivante, cinquante tiges de pois sectionnées sont placées dans un cristallisoir de deux litres contenant du citrate de fer à la concentration de 1/6.000; l'on dose au bout de 6 jours séparément la base et la partie supérieure de la tige. Remarquons d'abord que les cendres sont rouges dans l'un et l'autre cas, ce qui prouve que le fer s'est diffusé notablement. (Avec le sulfate de fer qui ne se diffuse pas, les cendres de la base de la tige auraient présenté une teinte rouge, tandis que celles du sommet seraient restées blanches). Le dosage de tiges de Pois ayant poussé dans l'eau pure est fait en même temps pour servir de comparaison.

Tiges ayant absorbé du citrate de fer

	Base des tiges	Sommet
Poids sec	3 gr. 950	5 gr. 150
Cendres	0 gr. 250	0 gr. 410
Fe^2O^3	0 gr. 011	0 gr. 019
Fe^2O^3 ‰ des cendres...	2,8	3,6

Tiges témoins poussées dans l'eau pure

Poids sec	10 gr. 520
Cendres	0 gr. 720
Fe^2O^3	0 gr. 016
Fe^2O^3 ‰ des cendres ...	1,5

Il ressort donc de la lecture du tableau précédent que le fer a pénétré en quantité notable jusque dans les feuilles.

Adressons-nous maintenant à des plantes pourvues de racines intactes. Des pois âgés de 10 jours sont placés dans des cristallisoirs de deux litres contenant du citrate de fer à la même concentration que précédemment ; le liquide est changé tous les quatre jours. Au bout de vingt jours, on procède au dosage séparé des tiges et des racines; dans le dosage des racines, l'on prend soin d'enlever avec un pinceau, aussi complètement que possible, un fin dépôt d'oxyde de fer qui provient de la décomposition du citrate dans la solution. On fait, en même temps, le dosage des tiges et des racines de pois ayant poussé dans un cristallisoir ne contenant que de l'eau pure. On observe d'ailleurs que chez les pois ayant poussé dans le citrate de fer, on ne trouve microchimiquement de fer, ni dans la tige ni dans le cylindre central. On dose simultanément le silicium, le calcium et le fer.

Ayant effectué les dosages de façon identique dans le cristallisoir témoin et le cristallisoir en expérience, j'ai obtenu les résultats suivants :

(1) **Pois ayant poussé dans du citrate de fer à 1/6000**

	Racines	Tiges
Poids sec	1 gr. 430	3 gr. 990
Cendres	0 gr. 075	0 gr. 180
SiO^2	0 gr. 004	0 gr. 030
CO^3Ca	0 gr. 015	0 gr. 010
$Fe\ O^3$	0 gr. 014	0 gr. 002
$Fe\ O^3$ ‰ du poids sec ...	9 gr. 8	0 gr. 4
CO^3Ca ‰ du poids sec	10 gr. 3	2 gr. 5

(2) **Pois témoins ayant poussé dans l'eau pure**

	Racines	Tiges
Poids sec	0 gr. 890	3 gr. 550
Cendres	0 gr. 034	0 gr. 210
Si O^2	0 gr. 0065	0 gr. 024
CO^3 Ca	0 gr. 010	0 gr. 020
Fe^2 O^3	0 gr. 002	0 gr. 007
Fe $^2O^3$ ‰ du poids sec....	2 gr. 2 %	1 gr. 9
Co^3Ca ‰ du poids sec ...	11,1	5,6

Il ressort de la comparaison de ces deux tableaux que le fer se trouve en plus grande quantité dans les racines ayant poussé dans le citrate de fer que dans celles ayant poussé dans l'eau pure, et que les tiges des plantes ayant poussé dans le citrate de fer contiennent moins de fer que celles qui ont poussé dans l'eau pure.

L'explication de cette anomalie nous est fournie par la comparaison des matières minérales montées respectivement à partir des cotylédons dans les deux tiges. Nous voyons que le poids des cendres par rapport à la matière sèche est beaucoup moindre en 1 qu'en 2. Comme tout provient ici des subtances contenues préalablement dans les cotylédons de la graine, c'est que la migration des substances s'est moins bien faite chez les plantes poussant dans le citrate de fer que chez celles poussant dans l'eau pure. Il est donc vraisemblable que le fer n'a absolument pas pénétré dans les organes aériens, ni sous forme de citrate, forme sous laquelle il aurait pu pénétrer jusque dans les feuilles, comme le montre l'expérience avec des tiges sectionnées, ni sous forme complexe puisqu'on en trouve moins en 1 qu'en 2. Ces résultats ont été confirmés par plusieurs autres dosages.

Conclusions relatives à la pénétration des sels qui ne traversent pas le protoplasme

Ainsi donc, les vues que nous avait suggérées l'étude anatomique de la racine sur la pénétration d'un sel qui ne traverse pas le protoplasme sont confirmées par l'expérience. Un sel qui ne traverse pas le protoplasme, qu'il soit ou non diffusible, est arrêté à l'endoderme; cet arrêt semblera même complet pour certains sels dans quelque condition que se fasse l'expérience. C'est le cas des sels de plomb,

de cuivre, de mercure, de nickel. L'arrêt est ici aussi complet qu'avec une matière colorante. Dans le cas du fer, par contre, qui est un aliment usuel de la plante, il est vraisemblable qu'une assimilation ultérieure puisse avoir lieu; je ne m'étends pas d'ailleurs davantage sur ce fait.

Comme l'anatomie de la tige nous l'avait fait prévoir, nous n'avons trouvé dans cette dernière aucune cause d'arrêt pour un sel diffusible.

B. Substances traversant le protoplasme

Généralités sur les expériences

Nous ne nous sommes occupés précédemment que de sels qui ne traversent ni ne pénètrent dans le protoplasme vivant; ils étaient intéressants à considérer au point de vue de la connaissance du mécanisme intime de la pénétration des sels dans les végétaux.

Si nous nous occupons maintenant de sels diffusibles qui pénètrent dans le protoplasme sans s'y accumuler sous forme insoluble, nous aurions à nous occuper, en même temps que de sels nutritifs tels que les azotates, les chlorures, les sulfates de certains des métaux alcalins et alcalino-terreux et de la magnésie, d'un grand nombre de sels que la plante ne rencontre jamais ou presque jamais dans les conditions naturelles. Quelques-uns d'entre eux pourraient pénétrer dans la plante sans exercer apparemment aucun effet nuisible, et remplacer pendant quelque temps, en raison de leur ressemblance avec eux, certains éléments des cendres. Ainsi le strontium et le rubidium, présentés isolément, ne sont pas toxiques. Ce dernier peut même vraisemblablement, dans certains cas, remplacer le potassium.

D'autres substances, comme par exemple le sulfocyanure d'ammonium, exerceront toutefois sans le tuer, des modifications importantes dans l'aspect extérieur du végétal; d'autres seront nettement toxiques, par exemple les sels de lithium, de baryum et les iodures.

J'avais pris dans mon travail cité, comme exemple de sels diffusibles pénétrant dans le protoplasme, le sulfocyanure d'ammonium, en raison de la facilité avec laquelle l'acide et la base sont décelables microchimiquement dans les tissus de la tige et de la

racine; mais, je ne vais m'occuper actuellement que des sels diffusibles non toxiques et aliments usuels du végétal. D'après les données fournies par l'anatomie, nous avons vu que la pénétration de ces sels dans la plante pouvait dépendre en grande partie de la vitesse avec laquelle ils étaient susceptibles de traverser le protoplasme de l'endoderme. L'étude anatomique des tiges ne nous avait pas donné d'indications aussi nettes; je vais donc tâcher de préciser par l'expérience les rôles respectifs de la racine et de la tige dans l'absorption des sels.

L'on sait, depuis de Saussure, qu'une plante dont les racines plongent dans une solution absorbe généralement avec des vitesses différentes l'eau et les sels que cette eau tient en solution, et que les différents sels sont absorbés eux-mêmes avec des vitesses différentes.

On sait de même qu'une plante placée dans une solution de deux sels peut ne pas en absorber un, qu'elle absorberait s'il était présenté seul. Ainsi le chlore d'un chlorure qui est absorbé s'il est présenté seul, uni au sodium, par exemple, ne l'est plus en présence d'un azotate; ces divers phénomènes sont regardés contrairement aux vues des premiers auteurs, non comme des phénomènes dus à la spécifité de la racine, mais comme dépendant uniquement du rôle des organes aériens (1). Ce seraient des phénomènes de saturation des tissus par les sels nutritifs et des phénomènes plus ou moins complexes d'équilibre qui règleraient la pénétration des sels; par exemple, en présence d'un azotate, un chlorure ne serait plus soluble dans le protoplasme des cellules de la tige lorsque ce protoplasme contiendrait un azotate en dissolution, de sorte qu'il ne serait absorbé qu'en faible quantité. Nous verrons que si ces vues concernant des équilibres complexes entre le milieu extérieur et les liquides cellulaires peuvent être gardées jusqu'à un certain point, au moins comme une explication commode, ce ne seraient plus toutefois les propriétés du protoplasme des cellules de la tige qu'il faudrait faire intervenir, mais uniquement celles du protoplasme de l'endoderme de la racine; le chlorure serait arrêté par les cadres subérisés d'une part et ne pourrait se dissoudre dans le protoplasme contenant l'azotate d'autre part. Ce sera de la nature de ce protoplasme et de son état actuel, par exemple de la quantité et de la qualité des sels

(1) Demoussy, *loc. cit.*

dont il sera imbibé que dépendra la pénétration plus ou moins rapide des substances dans le cylindre central et de là dans les organes aériens. Ces derniers seront incapables de régler les échanges entre la plante et le milieu extérieur.

J'étudierai successivement :

1° L'absorption comparée des matières minérales par une plante entière et par une tige sectionnée; 2° l'absorption des sels par une plante entière comparativement avec une plante qui a ses racines tuées. Ces expériences nous permettront déjà de connaître jusqu'à un certain point les rôles respectifs de la tige et de la racine dans l'absorption.

J'essaierai ensuite de préciser le mécanisme de la régulation de la montée des substances, en opérant avec des plantes entières ou des tiges sectionnées qui contiennent déjà une notable proportion de sels solubles dans leurs tissus.

Puis, en comparant ces nouvelles expériences avec les résultats obtenus précédemment, je chercherai à préciser autant que possible, le mode intime de pénétration des sels dans la plante.

1° De l'absorption comparée des matières minérales avec une plante entière et avec une tige sectionnée

Dans les expériences suivantes, n'ayant pas la prétention d'étudier tous les cas qui peuvent se présenter dans l'absorption des sels par les végétaux, je me placerai uniquement au point de vue de plantes évaporant dans des temps relativement courts, de grandes quantités de liquide, c'est-à-dire, somme toute, dans des conditions se rapprochant des conditions ordinaires.

Je m'occuperai d'abord des sels dont on peut vérifier la diffusion dans les organes aériens, comme les chlorures, sulfates et azotates des métaux nutritifs, alcalins et alcalino-terreux qui vont m'occuper exclusivement. Une méthode commode pour connaître la quantité de substances absorbées par le végétal comparativement à la quantité d'eau pénétrée dans la plante consiste, au lieu de faire le dosage des cendres, à empêcher l'évaporation de la solution à l'air libre et de déterminer ses variations de concentration. Selon que le liquide où plongent les racines se dilue ou se concentre, on peut conclure

que l'eau passe plus ou moins vite que les sels dissous. On peut aussi calculer aisément la quantité de matières minérales absorbées (1).

Dans le cas où nous nous sommes placés, c'est-à-dire dans le cas de plantes évaporant fortement, on constate, même pour de faibles concentrations, que l'eau pénètre plus vite que les sels dissous. Dans des conditions particulières, si l'évaporation est très petite ou la solution très diluée, et si, en même temps, un grand nombre de racines plongent dans une petite quantité de liquide, on constatera que les sels passeront plus vite que l'eau; ceci dépendra évidemment de la diffusion, c'est-à-dire du mouvement du sel indépendamment du solvant. Cette action s'exerce aussi dans le cas de plantes évaporant fortement, mais le mouvement de l'eau qui amène en même temps le mouvement des sels solubles, a une influence bien autrement considérable que la diffusion. D'ailleurs, chez des plantes tant soit peu élevées au-dessus du sol, la diffusion d'un sel à partir de la racine jusqu'au sommet de la tige, prendrait un temps très considérable.

Je n'ai pas l'intention d'étudier actuellement les plantes vivant dans ces conditions particulières; mais les résultats que fournirait leur étude, quoique d'interprétation plus difficile, en raison de la simultanéité des deux phénomènes de mouvement propre du liquide et des sels solubles qu'il contient, et du mouvement du sel indépendamment du solvant, ne différeraient pas essentiellement de ceux que nous obtiendrons dans les expériences qui vont suivre.

***

En me servant des méthodes précédentes, c'est-à-dire en faisant pousser une plante dans un volume donné de liquide dont on empêche l'évaporation par la surface libre, j'ai vérifié ce fait, sur lequel je ne m'étendrai pas, parce qu'il est trop connu, qu'une même plante absorbe l'eau et les sels avec une vitesse différente, et que les différentes plantes absorbent un même sel avec des vitesses différentes. J'ai opéré avec des pois, des haricots, des lupins, et avec des solutions de $CaCl^2$, NaCl, KCl, AzH^4Cl, SO^4K^2, $(AzO^3)^2Ca$.

(1) J. de Rufz de Lavison. — *Du rôle électif de la racine dans l'absorption des sels.* (C. R., 151, 1910).

J'ai montré antérieurement (1) que le rapport entre la quantité de substances absorbées par le végétal et la quantité de substances qui seraient absorbées si l'eau et les sels passaient avec la même vitesse est compris entre 1 et 0,6, dans le cas de plantes ayant germé dans l'eau distillée et mises en expérience dès que la racine et la tige avaient atteint un développement convenable. J'ai montré, par contre, que les différents sels sont absorbés avec la même vitesse que l'eau par une tige sectionnée; le rapport est donc ici égal à 1. J'ai donné un exemple de ces expériences avec des tiges de haricots, j'ai montré qu'elles n'étendaient ni ne diluaient des solutions relativement concentrées de chlorure de sodium, de potassium et de calcium, quoi qu'elles aient absorbé beaucoup de sel et que la concentration des liquides cellulaires soit, par conséquent, bien supérieure à celle de la solution. J'ai vérifié ces faits avec un grand nombre de tiges et de sels, avec des concentrations variant de 1/200 à 1/10 de solution normale. Les résultats étant toujours identiques, l'eau pénétrant avec la même vitesse que les sels dissous, la tige ne peut en aucune façon être regardée dans ce cas comme capable de régler les équilibres entre la solution et la plante.

Il est nécessaire de faire observer ici que ces expériences ne peuvent durer que quelques jours au plus, car les tiges sectionnées se fanent ou l'extrémité sectionnée plongée dans le liquide pourrit.

Les expériences résumées dans le tableau p. 200 ont été effectuées avec des plantes entières ou des tiges sectionnées plongeant dans 20 cc. de liquide. L'évaporation par la surface libre est empêchée par un bouchon qui ne laisse dépasser que la tige; l'on dose le chlore dans 10 cc. du liquide restant et dans 10 cc. du liquide témoin.

2°. — Absorption comparée des sels par une plante entière et par une plante qui se développe quoique ayant les racines tuées

On peut faire durer les expériences un temps bien plus long si, au lieu d'opérer avec des tiges sectionnées, on opère avec des plantes dont la racine a été préalablement tuée par l'eau bouillante. Dans ces conditions, le développement de la plante puisant ses matériaux nutritifs dans les cotylédons, peut se poursuivre d'une façon presque

(1) J. de Rufz de Lavison. — *Loc. cit.*

normale pendant une vingtaine de jours. Ce sont ces faits dont je me suis servi dans les expériences suivantes. J'ai toujours constaté

Plantes placées dans 20 cc de liquide, on dose le Cl dans 10 cc du liquide restant

Nature de la plante	Nature du sel employé	Concentration en Cl de 10 cc de liquide témoin	Plantes entières. Liquide évaporé par la plante en cc	Plantes entières. Cl dosé dans 10 cc du liquide restant	Plantes sectionnées. Liquide évaporé par les tiges en cc	Plantes sectionnées. Cl dosé dans 10 cc du liquide restant
POIS	$CaCl^2$	0,040	8	0,052	9	0,041
			9	0,060		
		0,025	9	0,031	8	0,025
					9	0,025
		0,011	9	0,015	9	0,011
			8	0,015	6	0,011
	KCl	0,020	9	0,025	9	0,020
			8	0,024	8	0,021
		0,012	8	0,015	9	0,012
		0,005	9	0,007	9	0,005
			9	0,007		
LUPINS	$CaCl^2$	0,038	9	0,060	9	0,038
			9	0,059	8	0,038
					7	0,038
		0,030	9	0,040	9	0,031
			8	0,038	9	0,030
		0,012	9	0,018	9	0.012
			8	0,017	9	0,012
	KCl	0,024	9	0,030	9	0,023
			8		5	0,024
		0,011	9	0,015	6	0,011
					8	0,011
					6	0,011

Dans ce tableau, le temps de l'expérience n'est pas indiqué. Il a d'ailleurs été assez variable. Relativement à l'absorption des sulfates et des azotates, les quelques dosages effectués m'ont donné des résultats identiques.

que les plantes à racine tuée, bien qu'évaporant beaucoup moins que des plantes ayant leur racine normale, absorbent les sels dissous

dans l'eau en bien plus grande quantité que ne le font des plantes intactes.

Dans un cristallisoir contenant de l'azotate de chaux à 1 %, l'on place une centaine de pois âgés de 10 jours, dont les racines ont été tuées par l'eau bouillante. Un cristallisoir de pois intacts dont les racines plongent dans la même solution est gardé comme témoin. Au bout d'une vingtaine de jours, on fait dans les deux cas l'analyse séparée des tiges et des racines et le dosage de la quantité d'azotate de chaux contenue dans chaque cristallisoir; les résultats sont les suivants :

I. — **Pois intacts ayant poussé dans $(A_2O^3)^2$ Ca à 0,5 de CaO ‰**

	Poids frais	Poids sec	Cendres	CaO	Poids de Ca O ‰ d'eau contenue dans les tiges
Tiges	4 gr.	0,640	0,054	0,034	1,0

II. — **Pois ayant poussé avec les racines tuées dans le même liquide que précédemment**

	Poids frais	Poids sec	Cendres	CaO	Poids de Ca O ‰ d'eau contenue dans les tiges
Tiges	3 gr.	0,530	0,062	0,044	1,7

De la comparaison de ces deux tableaux, nous tirons les faits suivants : quand la racine a été tuée, l'azotate de calcium a été absorbé en bien plus grande quantité que par la plante possédant sa racine intacte, bien que la plante ait évaporé fort peu. Nous voyons en outre, que dans les deux cas, la concentration des liquides des tiges est bien supérieure à la concentration de la solution. En effet, la concentration du liquide extérieur en CaO qui est de 0,5 ‰ à la fin de l'expérience est devenue de 1‰ dans la tige ayant ses racines intactes et de 1,7 ‰ dans la tige ayant ses racines tuées. Des expériences analogues ont eu lieu avec le chlorure de calcium en dosant à la fois le chlore et la chaux et avec du chlorure de potassium en dosant uniquement le chlore; les résultats sont absolument identiques à ceux de l'expérience précédente. La concentration du chlore dans la tige a été souvent trouvée double de la concentration du chlore dans la solution.

Il s'ensuit que l'influence filtrante de la racine ressort de façon on ne peut plus nette des expériences précédentes.

3° — Recherches sur le mécanisme de la régulation

Les expériences précédentes n'expliquent cependant pas un fait bien connu ; on observe de façon courante qu'une plante, après avoir poussé dans un milieu concentré, absorbe de moins en moins de sel par rapport à la quantité de liquide qu'elle prend au milieu extérieur. L'influence régulatrice des tiges devrait intervenir ici, du moins d'après les théories indiquées dans tous les ouvrages classiques actuels. Cependant, les expériences suivantes montreront qu'ici encore, c'est la racine qui règle la quantité de substance prise par l'organisme.

Plaçons des pois, comme dans les expériences précédentes, dans des tubes de verre fermés par un bouchon qui ne laisse dépasser que la tige. Ces tubes contenant 10 cc. d'une solution de chlorure de calcium à 1 %, le dosage pratiqué sur 5 cc. du liquide restant au bout de 5 à 6 jours montrera que la solution s'est notablement enrichie en chlore. C'est ce qui résulte du tableau suivant :

I. — **Pois développés dans l'eau pure, puis placés dans une solution de $CaCl^2$ à 0 g. 042 de Cl dans 10 cc**

Liquide évaporé par la plante	Cl dans 5 cc de liquide restant
2	0,024
3 cc. 6	0,025
4,1	0,026
5 cc. du liquide témoin contiennent . .	0,021

Le chlore a donc passé bien moins vite que l'eau ; rappelons que des tiges sectionnées auraient absorbé l'eau et les sels avec la même vitesse.

Supposons maintenant que nous prenions des pois ayant poussé dans les mêmes conditions que précédemment, c'est-à-dire dans un cristallisoir contenant du chlorure de calcium à 1 % environ, et que nous poursuivions l'expérience avec ces nouveaux échantillons qui, par conséquent, contiennent déjà du chlore, nous verrons qu'au bout de 6 jours, la quantité de chlore absorbée par la plante aura été bien moindre que précédemment. Ce qu'il faut évidemment attribuer à la quantité de sel qui avait déjà pénétré dans la plante. Le tableau suivant, comparé aux résultats précédents, rend parfaitement compte de ce fait.

II. — **Pois retirés après 6 jours d'un cristallisoir contenant une solution de Ca Cl^2 à 0 g. 042cl dans 10 cc. puis replacés dans 10 cc. de Ca Cl^2 à la même concentration**

Liquide évaporé par la plante	Cl dans 5 cc. de liquide restant
3,4	0,028
3,8	0,029
4	0,030
5 cc. du liquide témoin contiennent. . .	0,021

Devons-nous penser que ce sont les sels se trouvant sous une forte pression dans les organes aériens qui retardent la pénétration de nouvelles quantités de substances à partir de la solution. S'il en est ainsi, des tiges sectionnées provenant du même cristallisoir, remises dans du chlorure de calcium à 1%, devront, de même que les plantes intactes, absorber beaucoup plus rapidement l'eau que les sels. C'est tout le contraire qui a lieu; ces tiges sectionnées absorbent en effet le solvant et le sel soluble avec la même vitesse, comme le montre le tableau suivant :

III. — **Tiges de Pois sectionnées provenant de pois développés 6 jours dans $CaCl^2$ à 0 g. 042 dans 10 cc. puis placées dans $CaCl^2$ à la même concentration**

Liquide évaporé par la plante	Cl dans 5 cc. de liquide restant
2,1	0,021
3,0	0,021
4,2	0,021
5 cc. du liquide témoin contiennent. .	0,021

D'après la comparaison des trois tableaux précédents, nous conclurons donc que, même chez des plantes n'absorbant plus que peu de substances minérales à partir du milieu extérieur, c'est encore dans la racine qu'il faut rechercher la cause de l'élection quantitative observée. Nous voyons que la cause de cette élection tient non à la saturation par le chlorure de calcium de toute la plante, mais vraisemblablement à la saturation des tissus de la racine et spécialement à la teneur en sel du protoplasme de l'endoderme.

Remarque : De même, la propriété que possède une plante de ne pas absorber dans une solution de deux sels, un sel qu'elle absor-

berait aisément s'il était présenté seul, est encore ici sous la dépendance intime des propriétés du protoplasme de la racine. Il est facile de constater qu'une tige sectionnée absorbe le chlore d'un mélange de chlorure et d'azotate avec la même vitesse qu'elle l'absorberait s'il était présenté seul, c'est-à-dire avec la même vitesse que le solvant. D'après ce que nous avons dit, une plante entière se comporterait de façon toute différente; c'est encore probablement la quantité d'azotate dissoute dans le protoplasme des cellules endodermiques qui abaisse la solubilité des chlorures dans cette assise, empêchant ainsi leur diffusion dans les parties supérieures de la plante(1). Du reste le mécanisme intime de cette régulation, lors de la pénétration de $CaCl^2$, par exemple, est difficile à saisir, à moins de n'admettre que la teneur en chlore du protoplasme de l'endoderme ne dépend pas uniquement de la concentration du milieu extérieur.

Il faut dire, en outre, que l'influence régulatrice de la tige, que nous n'avons pu mettre en évidence dans les expériences antérieures, peut évidemment être constatée, au bout d'un temps très long, quoique à un très faible degré, chez des tiges sectionnées plongées dans un liquide *concentré*. On peut constater des effets analogues chez des tiges étiolées, quoique aussi à un degré très faible. (J'ai déjà dit que dans ce cas les parois des cellules étant bien moins perméables, pouvaient jusqu'à un certain point laisser passer l'eau plus vite que les sels solubles).

Ce que je conclurai des expériences précédentes, c'est simplement que, dans les conditions ordinaires, la tension des sels dans la tige ne joue aucun rôle dans la régulation de l'absorption. Il est remarquable de voir que nous avons affaire ici à un *mécanisme de régulation bien supérieur* à celui qui pourrait exister si c'était seulement la tension du sel dans les espaces intercellulaires qui réglait l'absorption.

(1) Il est bien évident que la solubilité des chlorures se trouve, dans cette hypothèse, abaissée dans le protoplasme de toutes les cellules corticales de la racine, mais que ces chlorures pénétrent dans la racine par les membranes et se trouvent arrêtés au niveau de l'endoderme par les cadres subdivisés et par la gaine continue de protoplasme. Je ne parle donc pas d'une propriété spéciale au protoplasme de l'endoderme.

4e. — Absorption comparative des acides et des bases

Enfin, demandons-nous si une racine est susceptible d'absorber séparément l'acide et la base d'un sel présenté en solution à ses racines. Nous avons vu précédemment que les azotate, sulfate, citrate de fer, donnent lieu, lors de leur absorption par la racine, à une sorte de solution colloïdale d'oxyde de fer qui reste en suspension dans le liquide extérieur. Il semble qu'il se passe ici un phénomène analogue à celui que l'on observe lors de la préparation du fer colloïdal au moyen d'une solution de perchlorure de fer séparée par une membrane d'eau pure constamment renouvelée. L'acide chlorhydrique diffuse à travers la membrane et le fer reste à l'état colloïdal dans la solution. Il est vraisemblable qu'il se passe chez le végétal un fait analogue; les acides azotique, sulfurique et citrique diffuseraient dans toute la plante vraisemblablement sous forme de sels alcalins, et le fer resterait soit à l'état colloïdal dans la solution, soit à l'état de précipité d'oxyde de fer dans les membranes. J'ai retrouvé aisément, par exemple, dans les tiges, l'acide azotique, d'un azotate de fer, tandis que le fer restait dans la racine. L'absorption élective des ions par la racine, est donc, dans ce cas et dans des cas analogues, vraisemblablement une réalité; cependant, n'ayant pas poussé plus loin jusqu'à présent mes recherches sur ces phénomènes, et n'ayant pas opéré en cultures pures, ces observations superficielles ne me permettent aucunement de conclure.

L'absorption élective des acides et des bases par les racines, qui est possible dans le cas précédent, c'est-à-dire avec des sels des métaux lourds qui possèdent une chaleur de formation relativement basse, et qui, par conséquent, sont d'autant plus aisément décomposables, est bien plus difficile à envisager avec les sels des métaux alcalins et des métaux alcalino-terreux qui ont, au contraire, une chaleur de formation élevée. Certains auteurs ont constaté qu'il se formait des doubles échanges entre des sels contenus dans le végétal et des sels se trouvant dans la solution extérieure; d'autres, comme Plantanelli et Sella, ont observé en opérant avec la méthode de la conductivité, que l'acide d'un sel passait avec une vitesse infiniment supérieure à la base.

Je dois dire que mes propres expériences ne concordent pas avec

les faits observés par ces derniers auteurs. J'ai opéré par la méthode pondérale qui, bien que n'ayant pas une précision aussi grande que la méthode de conductivité employée par MM. Plantanelli et Sella, a cependant une grande garantie d'exactitude.

Ayant pratiqué des dosages d'acides et de bases sur des liquides où j'avais fait poussé diverses plantes telles que des haricots, lupins, pois, en culture pure et en culture ordinaire, je n'ai jamais constaté que l'acide d'un sel passât plus rapidement que la base. Les différences observées étaient de l'ordre des erreurs d'expériences. J'ai opéré avec le chlorure de calcium en dosant séparément le calcium par l'oxalate, et le chlore, soit par la méthode volumétrique, soit par la méthode pondérale; avec les chlorures de sodium et de potassium j'ai opéré en dosant le chlore, et en pesant les chlorures, et aussi en dosant la potasse et la soude.

Je donnerai dans un travail postérieur les dosages que j'ai fait à ce sujet.

Tout ce que je peux affirmer cependant, c'est que dans les conditions où je me suis placé dans l'ensemble des expériences fournies dans la deuxième partie de ce travail, il n'y a pas eu lieu de se préoccuper de la pénétration inégale des ions d'un même sel.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Qu'y a-t-il à conclure des expériences précédentes ? Tout d'abord, nous observons que la qualité et la quantité des matières qui pénètrent dans le végétal dépendent des propriétés de la racine. Ceci résulte clairement, au point de vue de la qualité, des expériences effectuées par exemple avec le citrate de fer; ce sel ne pénètre absolument pas dans la tige lorsqu'il est présenté aux racines d'une plante entière; comme nous l'avons vu, ce sel pénètre librement jusqu'à l'endoderme et s'arrête contre les cadres subérisés. Au contraire, par une racine ou une tige sectionnée, ou avec une plante dont la racine a été tuée, ce sel diffuse dans toute la plante. Ici, l'influence des propriétés du protoplasme de l'endoderme est on ne peut plus nette; il empêche le sel de pénétrer dans le cylindre central et de là dans la tige.

La pénétration du fer dans la plante, dans les conditions normales

est probablement due, comme le font pressentir les expériences, à ce que le fer est absorbé sous une forme différente de celle sous laquelle il a été présenté, peut-être n'est-il absorbé que sous une forme organique complexe. Il est en tout cas nécessaire de remarquer que, même dans les meilleures conditions de végétation, la quantité de fer qui pénètre dans les organes aériens d'une plante vivant dans une solution, n'est aucunement en rapport avec la quantité de fer présentée aux racines, tandis qu'avec des sels diffusibles comme les chlorures ou les azotates des métaux alcalins et alcalino-terreux, l'on observe toujours qu'il y a un rapport, plus direct que dans le cas précédent, entre la quantité de substance absorbée et la concentration du sel dans la solution. Remarquons de plus que le fer est à l'état complexe dans les tissus, tandis que les sels des métaux alcalins et alcalino-terreux sont, en grande partie, sous une forme minérale.

Les phénomènes de pénétration d'un sel comme le fer, et par extension ceux de petites quantités de sels des métaux lourds, que l'on peut déceler dans les organes aériens de certaines plantes sont, je le répète, d'ordre complètement différent des phénomènes de pénétration des sels des métaux alcalins et alcalino-terreux, y compris la magnésie. Dans un cas, nous avons affaire certainement à un phénomène complexe d'assimilation, la pénétration dépendra vraisemblablement en grande partie de l'activité des racines, tandis que dans l'autre cas, les sels pénétrant sensiblement sous la forme qu'ils avaient dans le milieu extérieur, leur absorption dépendra jusqu'à un certain point de la concentration de la solution.

Occupons-nous maintenant uniquement de l'absorption des sels alcalins et alcalino-terreux généralement répandus dans le végétal.

Le second groupe d'expériences exécutées avec des tiges sectionnées ou avec des plantes ayant des racines tuées, et comparativement avec des plantes entières évaporant fortement, nous a montré que la racine avait aussi, vis-à-vis de ces sels, un rôle d'élection qui ici, au lieu d'être quantitatif, est uniquement qualitatif. Dans un cas, nous avons observé que l'eau et les sels passent avec la même vitesse, tandis que dans l'autre, c'est-à-dire en opérant avec des plantes entières, l'eau passe toujours plus vite que les sels; de plus, chaque sel pénètre avec une vitesse donnée chez une plante

donnée. Il en résulte que la racine fait subir une sorte de filtration aux solutions.

Comme il n'existe aucune cause anatomique dans l'écorce de la racine qui puisse nous faire supposer qu'elle ait la propriété d'arrêter un sel même quantitativement, et que l'expérience nous a montré, par ailleurs, la facile diffusion jusqu'à l'endoderme même, d'un sel qui ne traverse pas le protoplasme, il s'ensuit que la seule assise à laquelle nous puissions, avec quelque vraisemblance, attribuer un rôle de membrane plus ou moins perméable, est uniquement la gaîne formée par la réunion du protoplasme des cellules endodermiques; mais en affirmant ces faits, nous ne pouvons évidemment donner aucune preuve directe, comme nous pouvions en donner dans le cas des sels qui ne traversent pas le protoplasme. Il est, d'ailleurs, nécessaire de remarquer qu'il semble difficile de donner une autre explication de ces phénomènes.

Il s'ensuit naturellement, comme le montrent certaines expériences que ce sont non la qualité et la quantité des substances répandues dans les tissus aériens de la plante qui règlent les échanges de matières, mais uniquement (au moins dans les conditions où je me suis placé) les propriétés du protoplasme de cet endoderme, qui peut être considéré au point de vue anatomique, en raison de l'union intime du protoplasme avec les cadres subérisés, comme une membrane vivante entourant le cylindre central, c'est-à-dire l'ensemble des organes essentiels de la racine.

Ce protoplasme varie donc avec les plantes, ce qui fait que chaque sel est absorbé avec une vitesse différente par les différentes plantes. Il varie chez une même espèce avec les conditions dans lesquelles il se trouve, par exemple avec sa teneur en substances dissoutes.

Sans entrer dans les détails et sans chercher à savoir pour le moment si l'on peut vraiment parler de coefficient de partage entre le sel et le protoplasme, comme on le ferait, par exemple, entre deux liquides superposables, il est certain que la pénétration d'un sel est influencée par sa tension dans le milieu extérieur et aussi par la quantité et la qualité de substances existant déjà dans le protoplasme. Ces phénomènes sont, d'ailleurs, extrêmement complexes, et nous ne préjugerons de rien sur leur nature en disant avec Nathansohn qu'il s'agit ici d'un état d'équilibre physiologique.

Il est remarquable de constater que la plante possède avec cet

endoderme un *syslème de régulation bien supérieur* à celui qu'elle aurait si c'était uniquement la tension des liquides dans les tiges et spécialement dans les espaces intercellulaires qui réglait l'absorption. En effet, la pénétration d'un sel dépend maintenant d'une façon bien moins directe, et qu'il est d'ailleurs impossible de prévoir actuellement, de la quantité de sel qui a pénétré dans l'organisme.

Il faut encore se demander si le protoplasme de l'endoderme est différent chez une plante donnée du reste du protoplasme de la plante, c'est-à-dire s'il a une spécificité. Il est difficile de résoudre cette question de manière expérimentale. Rappelons simplement qu'il semble ressortir des expériences effectuées comparativement avec des haricots entiers dont les racines plongent dans des solutions relativement concentrées de chlorures de sodium et des tiges de haricots sectionnées plongées dans la même solution, que le protoplasme de l'endoderme a des propriétés différentes de celles des protoplasmes des autres cellules de la plante. En effet, tandis que la cellule endodermique n'a laissé passer que fort peu de chlorure de sodium, ce qui tendrait à faire considérer, d'après les idées actuelles, que le chlorure de sodium y est peu soluble, les cellules de la tige sectionnée en ont absorbé des quantités considérables, puisque la tige a évaporé plusieurs fois son poids d'eau. (Il est vraisemblable que le sel se trouve en grande quantité dans les cellules, sans quoi il est évident que les espaces intercellulaires en contiendraient des quantités bien supérieures à celles qu'on peut supposer normalement). Remarquons tout de même qu'il ne faudrait pas se hâter de conclure, car ce n'est peut-être pas la solubilité dans le protoplasme de l'endoderme considéré comme une membrane qui règle la pénétration, mais la plus ou moins grande difficulté qu'éprouve cette membrane à laisser diffuser les sels en dehors d'elle lorsqu'ils ont pénétré dans son épaisseur.

Il résulte, en outre, de mes expériences, que la théorie qui tend à faire considérer la membrane protoplasmique comme formée de lipoïdes, doit être vraisemblablement rejetée; elle ne concorde pas, en effet, avec les faits observés, puisque les sels des métaux lourds ne pénètrent pas dans le protoplasme vivant. Cette théorie, due à Overton, est actuellement encore très en vogue, quoique récemment

elle ait été attaquée par Ruhland (1), qui considère qu'il n'est pas possible de faire dépendre l'absorption ou la non absorption d'un sel par le protoplasme, de propriétés aussi simples que celles basées uniquement sur la solubilité. Mes expériences concordent d'ailleurs avec cette manière de voir. J'ai d'ailleurs l'intention de revenir plus en détail sur cette question.

Il existe, comme je l'ai dit, un certain nombre d'autres théories pour expliquer la nutrition minérale de la plante; d'abord, remarquons que la théorie selon laquelle la consommation règle l'absorption qui est vraie au moins jusqu'à un certain point pour une cellule unique, est fausse, comme le montrent mes expériences, pour une plante supérieure, qui possède dans la membrane endodermique, un système de régulation bien autrement perfectionné. C'est donc, somme toute, un retour aux vues de de Saussure que nous faisons ici; seulement, nous pouvons baser notre théorie sur des données plus précises, attendu que la structure de la racine qui était peu ou point connue du temps des premiers expérimentateurs, l'est au contraire parfaitement de nos jours.

La théorie de l'absorption élective des ions par les racines demande évidemment de nouvelles recherches. Je rappellerai toutefois que, dans mes expériences, je n'ai pas pu trouver que l'acide et la base d'un sel alcalin ou alcalino-terreux passait à travers le protoplasme avec des vitesses différentes. Je n'ai pu constater, et seulement d'une façon superficielle, des faits analogues donnant raison à la théorie de MM. Plantanelli et Sella, que dans le cas de sels ayant une faible chaleur de formation, comme avec les sels de fer, par exemple; somme toute, nous n'obtenons pas, sous ce rapport, avec la plante de phénomènes bien différents de ceux que nous pourrions obtenir avec certaines membranes artificielles.

Enfin, l'ancienne théorie de Liebig qui tend à expliquer la composition des cendres des plantes par l'excrétion des racines, reprise dans ces derniers temps par Mazé, me semble devoir être à démontrer, puisque tout récemment encore, André, par exemple, n'a pu constater qu'un végétal pendant le cours de sa végétation ait rendu, en aucune façon au sol, des substances qui avaient antérieurement pénétré dans ses tissus.

(1) Ruhland. *Beitrage zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut* (Jahrb. wiss. Bot. Heft. I, 1908, p. 1-54).

Mazé a insisté récemment (1) sur l'influence de l'excrétion des substances par les organes aériens, c'est-à-dire l'influence de la perte de matières minérales par les pleurs, sur la composition des cendres; cette théorie ne me semble pas être fondée. Il est à remarquer : 1° qu'un grand nombre de végétaux ne possèdent pas de pleurs; 2° que parmi les végétaux chez qui on observe ce phénomène, ce sont presque uniquement ceux qui poussent dans les terrains salés qui contiennent une notable proportion de matières salines dans les pleurs; chez la grande majorité des plantes, de nombreuses analyses des pleurs effectuées depuis fort longtemps, montrent que ceux-ci ne contiennent, en général, qu'une quantité presque insignifiante de sels.

En résumé :

1° Les sels incapables de traverser le protoplasme sont arrêtés dans la racine au niveau des cadres subérisés de l'endoderme. Pour pénétrer plus loin dans la plante il faut qu'ils subissent une transformation, peut être une sorte d'assimilation.

2° Les sels qui traversent le protoplasme subissent, lors de leur pénétration dans la plante, une sorte de filtration dans l'endoderme.

L'intensité de cette filtration dépendra :

a) De la nature de plante.

b) De la nature du sel.

c) De l'état dans lequel se trouve le protoplasme de l'endoderme au moment de l'expérience.

Les observations et expériences relatées dans ce travail son encore trop succintes pour permettre de formuler une théorie complète de l'absorption des matières minérales par les végétaux. Ces questions demandent, en effet, à être examinées sous un grand nombre d'aspects différents. Je pense avoir établi néanmoins de façon très nette que la racine, et tout particulièrement l'endoderme, ont une grande influence sur la composition minérale des cendres des végétaux.

Action de la pression osmotique du milieu sur la forme et la structure des plantes

Par M. J. BEAUVERIE

Nous avons donné, il y a quelques années, dans une note communiquée aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (28 janvier 1901), les résultats de diverses expériences relatives à l'influence de la pression osmotique du milieu sur la forme et la structure des végétaux. N'ayant pas encore repris la suite de ces recherches, nous n'aurons que peu de choses à ajouter à ce que nous disions alors; le but de cette note est simplement de donner les dessins, que nous avions négligé de publier, relatifs à ces expériences. Quelques-uns de ces dessins ne sont que des demi-schémas destinés à rendre, d'une façon plus frappante, les résultats de nombreuses cultures. Nous accompagnons ces figures du texte indispensable à leur compréhension, sans prétendre, en aucune manière, reprendre l'étude de cette question capitale, si souvent abordée, de l'influence de la concentration, sur la forme et la structure des plantes.

Un certain nombre d'expériences conduites dans le but de constater l'influence de la concentration du milieu sur la forme et la structure des Champignons inférieurs, tels que les Mucorinées, ou de formes conidiennes de Champignons supérieurs, telles que des *Aspergillus*, *Sterigmatocystis*, *Penicillium*, *Clonostachys*, etc., toutes formes faciles à cultiver, nous ont permis de constater que l'accroissement de la puissance osmotique du milieu : 1° amène la réduction en hauteur de l'appareil aérien du champignon et la dilatation latérale des cellules constituant cette partie de la plante; 2° provoque,

par contre, la prédominance de la partie submergée de l'appareil végétatif sur la partie aérienne (fig. 1 et 2).

Dans un certain nombre de cas, une forte concentration du milieu détermine même l'immersion complète de la plante qui poursuit son développement dans ces conditions nouvelles (fig. 3). Mais il se manifeste alors une

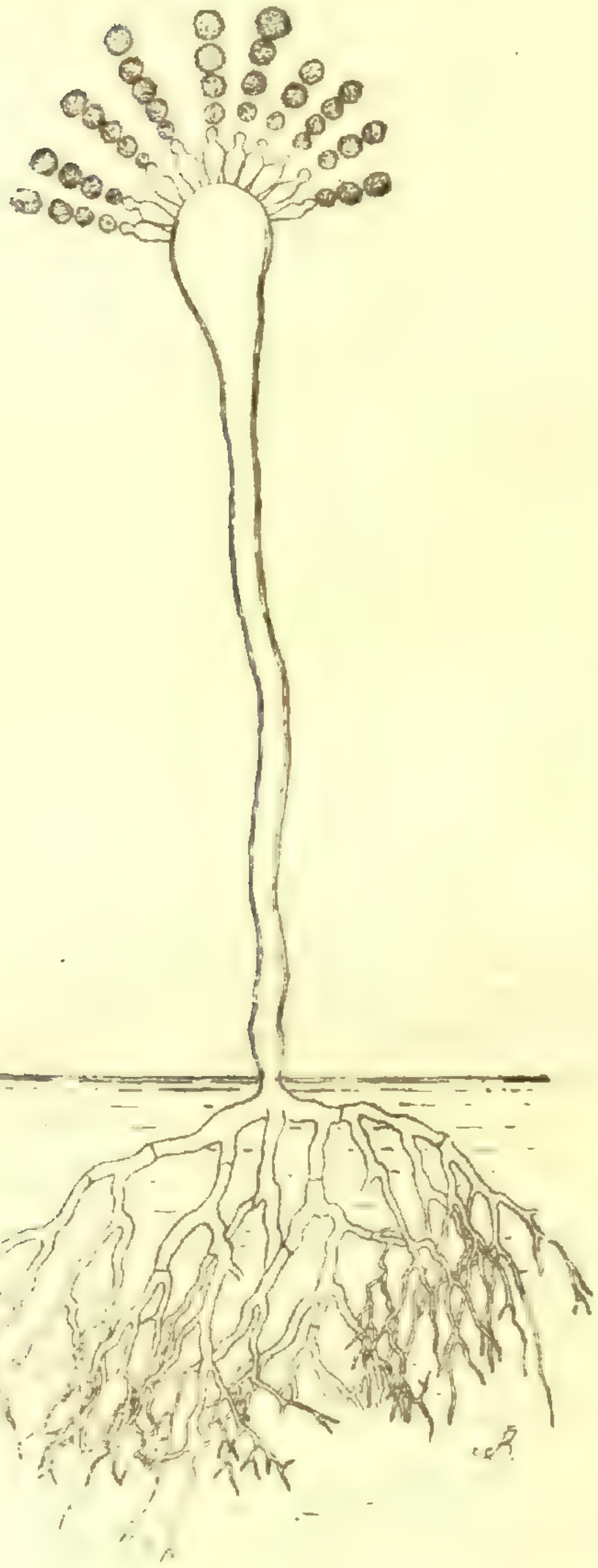


Fig. 1. — Végétation de l'*Aspergillus variabilis* dans une solution nutritive peu concentrée (figure demi-schématique).

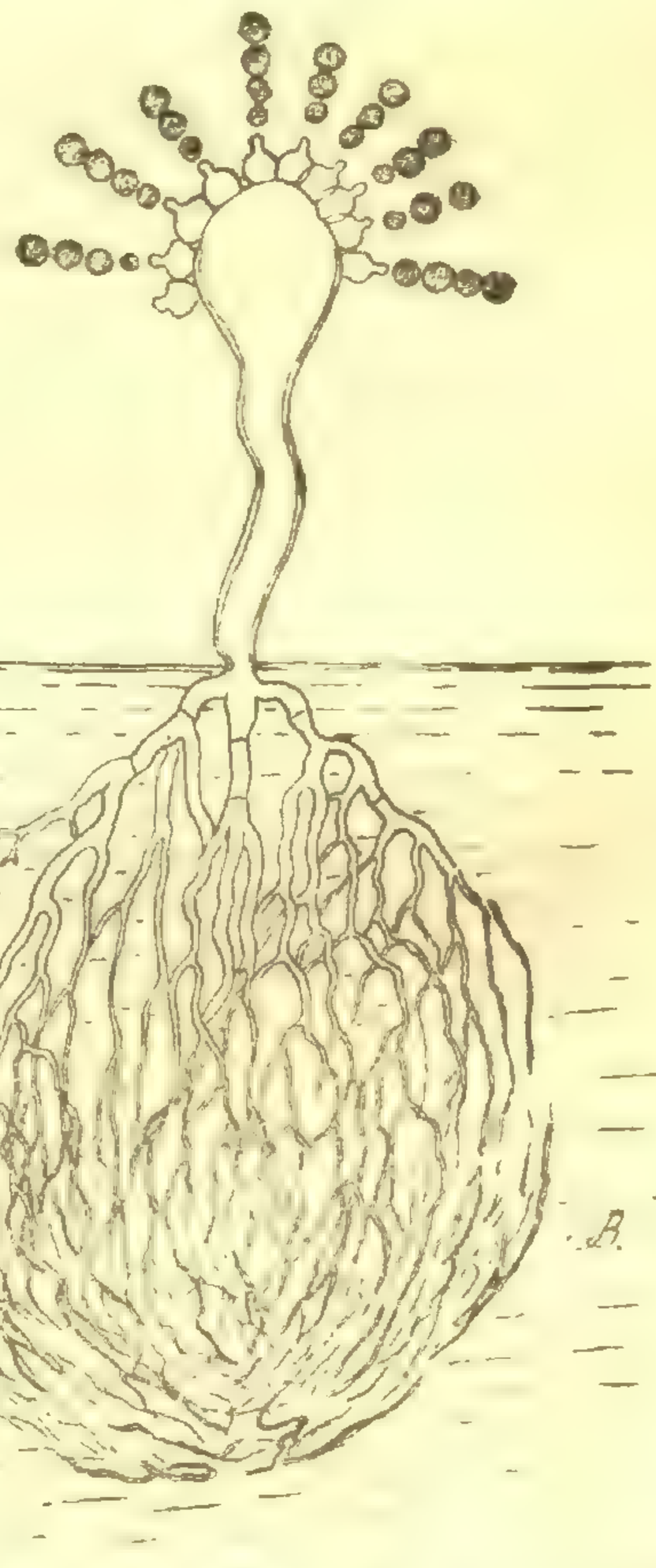


Fig. 2. — Végétation de l'*Aspergillus variabilis* dans une solution nutritive concentrée (figure demi-schématique).

profonde altération de la forme des appareils reproducteurs, qui demeurent le plus souvent stériles. La « végétation en boule » des Champignons des solutions doit, pensons-nous, être attribuée, dans certains cas, à une cause de cette nature. Il en serait de même des

formations dites « *Hygrocrocis* » (1). De plus, la concentration favorise d'une façon remarquable le cloisonnement et entraîne, dans certains milieux, un gigantisme très net, résultant vraisemblablement du passage dans l'intérieur de la cellule de substances capables d'assurer un excès de force osmotique vis-à-vis de la solution ambiante (2). La présence de substances nocives dans les milieux de culture peut aussi amener des déformations analogues.

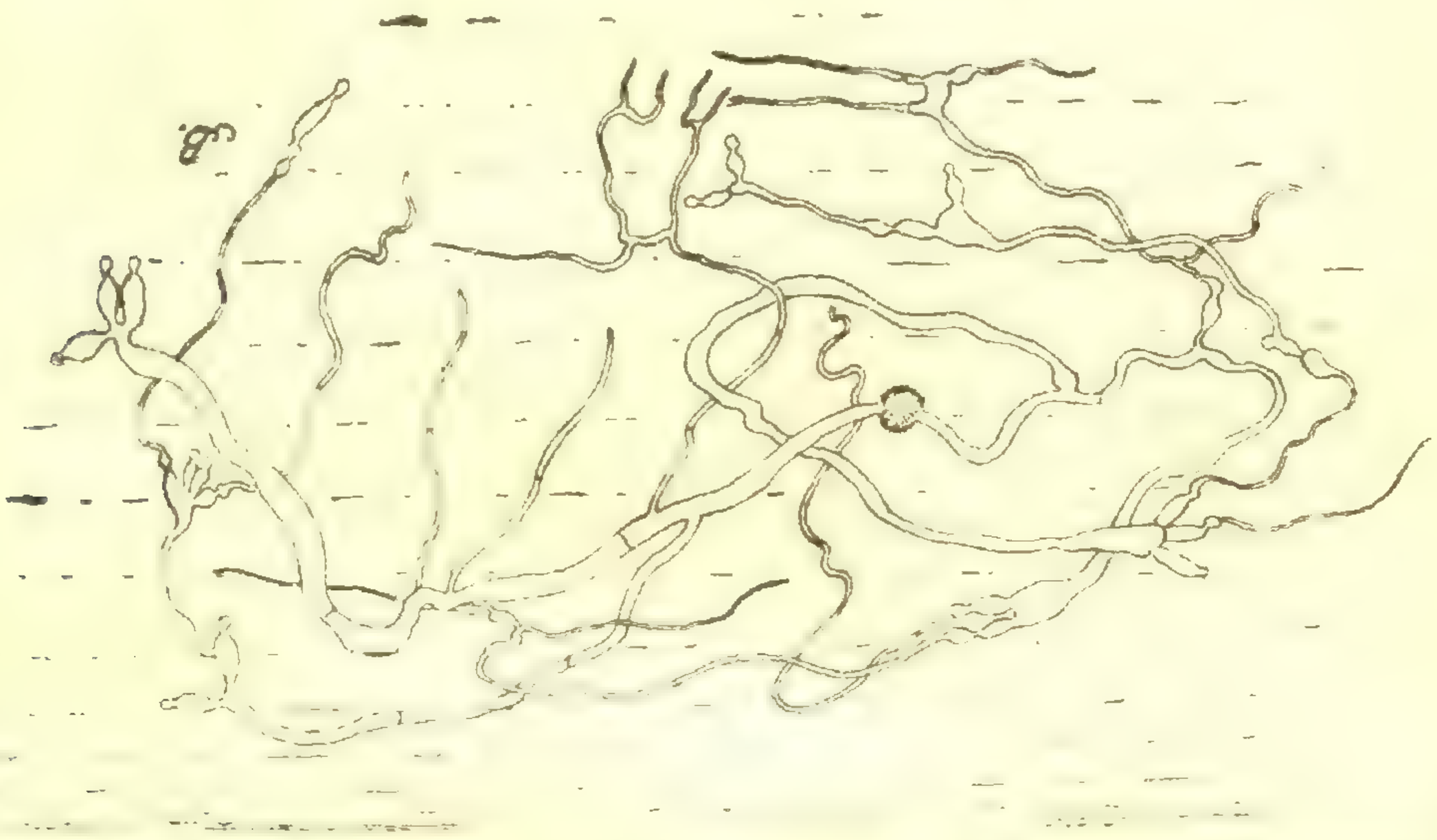


Fig. 3. — Végétation de l'*Aspergillus variabilis* dans une solution fortement concentrée. Le développement s'effectue entièrement dans l'intérieur du liquide. Les spores ne se forment pas ou se prolongent directement en filament sans se détacher; il y a passage à une forme exclusivement mycélienne et stérile.

La constatation de cette influence, très marquée, de la concentration sur la forme et la structure des Champignons, nous a conduit à rechercher l'effet que ce facteur pourrait avoir sur le développement des végétaux supérieurs, et nous avions institué dans ce but une série d'expériences dont nous donnons ici les résultats.

Ces expériences ont porté sur quelques espèces communes des genres *Phaseolus*, *Pisum*, *Lupinus*, *Zea* et *Triticum*.

(1) Il ne faudrait toutefois pas trop se hâter de généraliser et, si l'immersion de la végétation est très nette dans un certain nombre de cas que nous avons étudiés expérimentalement, nous avons vu aussi qu'elle peut résulter, au contraire, de l'insuffisance d'aliment.

(2) Nous avons étudié avec détail un grand nombre de ces déformations dues à l'action du milieu dans notre thèse : Etudes sur le polymorphisme des Champignons, influence du milieu (*Annales de l'Université de Lyon*, 1900). Ce travail renferme de nombreuses figures.

Nous observions comparativement et simultanément des cultures de même âge, faites, les unes dans de l'eau ordinaire, les autres dans la solution de Knop additionnée de doses régulièrement croissantes de chlorure de sodium — substance *osmolique* et non *plastique* — juqu'à ce que cette solution contienne une dose maxima de 1,50 pour 100 de sel. Cette dernière opération était précisément faite dans l'intention d'accroître la force osmotique de la solution nutritive.

Nous pouvions négliger les actions secondaires possibles de ce sel (1), étant donné le but spécial que nous poursuivions. D'ailleurs,

Fig. 4. — Culture de Haricot (H) et de Pois (P) dans l'eau ordinaire.

les résultats obtenus avec la solution de Knop employée seule, mais plus ou moins diluée, étaient de nature à nous montrer que les modifications réalisées étaient bien dues à l'influence de la concentration du milieu.

Nos cultures étaient faites dans une étuve marquant 26-27° et abritées sous de grandes cloches où l'air se maintenait fort humide,

(1) Pour des concentrations isotoniques, NaCl semble agir plus fortement que AzO^3K; à côté de l'action osmotique, des influences spécifiques interviennent donc.

conditions particulièrement favorables, puisqu'une haute température et la transpiration gênée créent un milieu dont l'effet vient accroître celui de la force osmotique du liquide ambiant.

Dans l'eau ordinaire, la plupart de nos sujets ont manifesté un hydrotropisme qui fut très net pour les *Phaseolus*, *Pisum* (fig. 4) et *Lupinus*, beaucoup moins net pour le *Zea*, nul pour le *Triticum*. Les racines des Légumineuses se courbaient à 90° au contact du liquide, continuant à croître et à se ramifier dans un plan supérieur à l'eau ou à peine immergées. Lorsque plusieurs de ces plantes sont côte à côte, elles enchevêtrent leurs racines qui se maintiennent toujours dans la situation indiquée, et la culture en prend un aspect très particulier (fig. 4).

Fig. 5. — Culture de Haricot dans la solution de Knop diluée de son volume d'eau.

L'eau constitue donc pour ces racines un milieu assez défavorable pour que le géotropisme soit contre-balancé et que les racines aient une tendance marquée à le fuir. Cela résulte de la grande différence de pression osmotique existant entre l'eau et les liquides cellulaires.

Lorsque la concentration augmente faiblement, par exemple si l'on expérimente avec une solution Knop additionnée de son volume d'eau, les racines s'enfoncent déjà sensiblement dans le liquide. Cependant, l'hydrotropisme négatif se manifeste encore, imprimant au système radical de curieuses déformations (fig. 5) : l'extrémité de la racine principale et toutes les racines latérales (le fait est par-

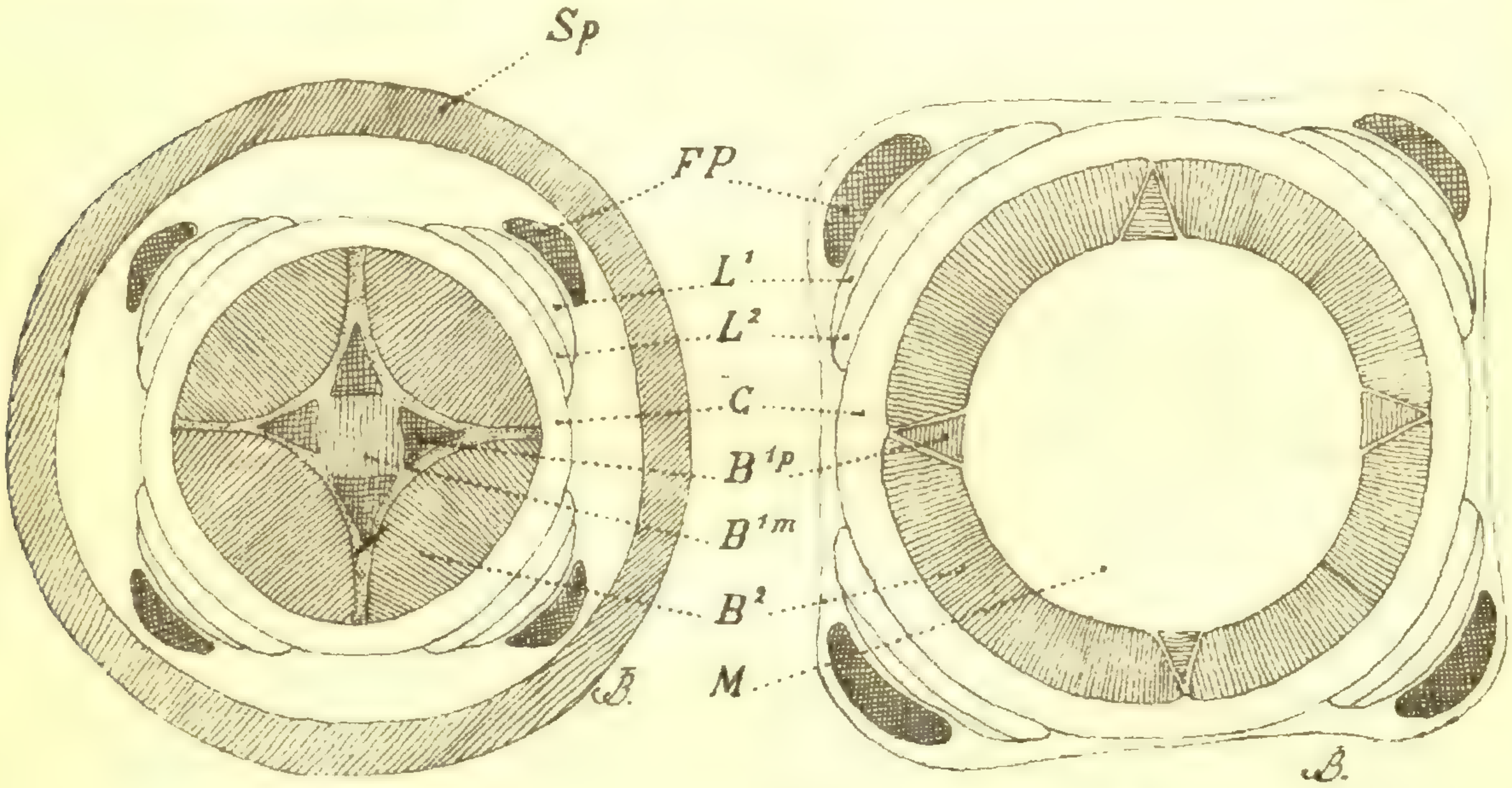
ticulièrement marqué chez le Haricot et le Pois) se dirigent vers le haut, tout en se recourbant en spirale ou en crosse. Ce fait est encore sensible avec la solution pure de Knop.

Fig. 6. — Culture de Haricot dans la solution de Knop additionnée de 1,5 % de NaCl.

Dans des solutions fortement concentrées obtenues en additionnant une même solution de Knop, de deux jours en deux jours,

de 0,25 % de chlorure de sodium, jusqu'à ce que la liqueur titre 1,27 et 1,50 % de ce sel, nous constations la disparition de ces phénomènes et les racines s'enfonçaient directement et profondément dans le liquide en y donnant une ramification régulière (fig. 6).

En somme, plus la concentration augmente, plus les racines des plantes mises en expériences (sauf le Blé cependant) s'enfoncent profondément dans la solution. La partie aérienne se modifie de son



B A

Fig. 7. — Coupe transversale d'une racine de Haricot cultivé dans l'eau: P, péricycle ; FP., fibres péricycliques; L.¹ liber primaire; L² liber secondaire; C, Cambium; B¹p, bois primaire (protoxylème) ; B¹m, bois primaire (métaxylème) ; B², bois secondaire; M, Moelle. (Le cylindre cortical n'a pas été figuré).

Fig. 8. — Coupe transversale d'une racine de Haricot cultivé dans une solution de Knop + 1 % NaCl. Cette coupe est faite dans une racine de même âge que la précédente et dans une région similaire.
La différenciation en bois s'est effectuée jusqu'au centre; un suber, d'origine péricyclique, a provoqué la chute prématurée de l'écorce.

côté, mais en sens inverse; elle se réduit beaucoup en hauteur, les axes hypocotylés se renflent considérablement et la plante reste courte et trapue. Il n'y a pas seulement retard dans la croissance, comme le fait a été maintes fois constaté, mais modification de la taille ainsi que de la forme.

La végétation n'est point empêchée par le fait d'une forte concentration (en deçà d'une certaine limite), mais elle se fait d'une façon spéciale.

Les modifications extérieures que nous venons de signaler s'ac-

compagnent de variations dans la structure histologique et anatomique. Les cellules, en réagissant contre le milieu pour assurer l'excès osmotique nécessaire au maintien de leur intégrité, absorbent plus particulièrement certains éléments et tendent à former des substances capables d'accroître leur pouvoir osmotique et de retenir l'eau qui leur est nécessaire, d'où résulte une modification dans la nutrition entraînant des changements de forme et de structure de la plante entière; si la pression osmotique s'accroît encore, la plante tend à se défendre et à se protéger ; d'où un agencement spécial des tissus. formation prématurée d'un appareil protecteur. Cette réaction osmotique est le facteur de l'adaptation des cellules à la concentration du milieu.

Nous avons observé ces faits chez les racines de *Phaseolus* (fig. 7 et 8) : Dans la solution très concentrée dont nous avons parlé, ces racines ne possèdent plus de moelle; la différenciation du tissu ligneux se fait jusqu'au centre. Il se produit, en outre, de très bonne heure, un abondant suber péricyclique dont le rôle protecteur vis-à-vis du cylindre central est évident. Dans une racine de même âge, obligée à pousser dans l'eau, on constate, au contraire, l'existence d'une moelle volumineuse, et il ne se développe point de suber hâtif.

J. BEAUVERIE.

(Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Lyon)

REMARQUES

SUR LE

GENRE *STREPHONEMA* HOOK. F.

par M. Marcel DUBARD

Le genre *Strephonema* est représenté actuellement par deux espèces appartenant à la Côte occidentale d'Afrique, l'une complètement glabre *S. Mannii*, l'autre dont les parties jeunes sont recouvertes par un tomentum soyeux et de couleur fauve, formé de poils rappelant par leur forme ceux des Sapotacées, le *S. sericeum*. Elles ont été nommées toutes deux par l'auteur du genre sur des échantillons recueillis par Mann, la première au Cameroun sur la rivière d'Old Calabar (n° 2293) et aussi sur les rives du Gabon (n° 945), la seconde au Gabon sur les bords de la rivière Muni (n° 1753). A ces premiers documents sont venus s'ajouter ceux du P. Klaine [nos 1305-1306 (Gabon) et 288, 533 environs de Libreville)], que Pierre a nommés *S. Klaineanum* et qui ont été versés par Engler et Diels (Monographie des Combrétacées africaines), dans le *S. sericeum*.

Ces échantillons ne diffèrent en effet de celui de Mann que par des caractères très ténus, tels que feuilles généralement plus petites, moins épaisses, moins nettement acuminées, coupe réceptaculaire plus élevée, ovaire moins saillant au fond du réceptacle, fruit plus petit, à paroi plus épaisse, etc., et il nous paraît impossible de baser une espèce sur des variations aussi faibles.

C'est également au *S. sericeum* que se rapporte le n° 110 de Soyaux, provenant des environs de Munda (Angola), comme l'ont signalé déjà Engler et Diels.

Nous avons en outre trouvé dans l'herbier du Muséum un fruit appartenant vraisemblablement à la même espèce et recueilli par Lecomte aux environs de Grand-Bassam; enfin, Ammann a relevé aux environs de Selnondi (Gold Coast), lors de sa mission économique de 1910, un petit peuplement de cette essence (1), dont il nous a rapporté des fruits et des feuilles; son attention avait été attirée par la richesse en tanin de l'écorce de cet arbre.

Ces divers échantillons montrent que l'aire d'extension du genre ou tout au moins du *S. sericeum* est assez considérable et s'étend le long de la côte occidentale d'Afrique à peu près de 5° de latitude nord à 12° environ de latitude sud; mais nous sommes encore peu renseignés sur le nombre et l'importance des peuplements.

Le genre *Strephonema* présente des caractères assez spéciaux, qui expliquent les hésitations des botanistes à définir sa place dans la classification. Rattaché d'abord par son auteur aux Lythrariées, rapproché par Baillon des Rosacées à un seul carpelle, d'abord des Chrysobalanées, puis des Amygdalées et particulièrement du genre *Prinsepia*, il est actuellement rangé par Engler et Diels dans les Combrétacées, suivant l'opinion de Kœhne.

A notre avis, il constitue un type très spécial qui ne peut rentrer franchement dans aucun des groupes précédents et mérite par suite de caractériser une famille nouvelle, qui formerait transition entre les Rosacées et les Combrétacées.

Les caractères essentiels du genre sont en effet les suivants :

Feuilles alternes ou subopposées, sans stipules, à pétiole court, épais, à surface subéreuse crevassée; limbe muni à la base de deux petites glandes marginales.

Fleurs en grappes complexes à terminaisons ombelliformes. Calice, corolle, étamines soudés à la base en une coupe réceptaculaire, assez élevée, couronnée par les lobes peu saillants du calice, entre lesquels s'insèrent par un onglet ceux de la corolle; les étamines épipétales s'insèrent sur le réceptacle à la base même des lobes de la corolle, les épisépales notablement plus bas. Les anthères sont portées par de longs filets réfléchis sur eux-mêmes dans le bouton.

L'ovaire est en partie adhérent et se compose d'une seule loge terminée par un style filiforme; il renferme un ou deux ovules faible-

(1) Désignée dans la région sous le nom de *Kouabesi*.

ment anatropes, suspendus par un court funicule tout en haut de la cavité ovarienne, au-dessous de l'insertion du style.

Le fruit est une grosse drupe, à mésocarpe mince, ne renfermant le plus souvent qu'une seule graine, rarement deux.

La région de soudure du fruit avec le périanthe forme à la base de la drupe une alvéole de surface assez réduite, généralement limitée par un bourrelet qui correspond aux restes de la coupe réceptaculaire. Ce détail montre combien en somme est faible l'adhérence de l'ovaire dans ce genre et nous conduirait à chercher sa place plutôt parmi les Caliciflores à ovaire libre que parmi les Inférovariées.

Le tégument de la graine adhère beaucoup plus fortement à l'endocarpe qu'à la graine elle-même ; lorsqu'on ouvre un fruit desséché, on en retire uniquement le ou les embryons qui en se rétractant ont abandonné leur tégument ; celui-ci tapisse d'une façon parfaite la cavité du fruit et ne peut être enlevé que par lambeaux ; il n'y a pas trace d'albumen. Les cotylédons sont de forme très irrégulière, plus ou moins subhémisphériques, formés d'un tissu très dur, riche en matières taniques et subérifiés à la surface ; leur face de contact est dans un plan vertical. La plantule est dirigée obliquement de telle sorte que la radicule est latérale ; cet organe est excessivement court et affleure au bord même des cotylédons. La gemmule est peu développée et située dans le prolongement de la radicule ; elle est logée dans une sorte de sillon creusé dans la face de contact des cotylédons et qui s'étend bien au-delà de son sommet.

L'ensemble de ces caractères ne justifie, d'une façon satisfaisante à notre sens, aucune des opinions émises sur la place des *Strephonema*. Son attribution aux Lythrariées n'est guère soutenable, car dans cette famille, les feuilles sont généralement opposées et l'ovaire, complètement libre, est formé de carpelles fermés vers le bas dans la région ovulifère et renfermant de nombreux ovules franchement anatropes : de plus le fruit y est déhiscent.

Il ne convient guère mieux aux Combrétacées, où l'ovaire est complètement adhérent, avec des ovules anatropes portés sur de longs funicules et où la structure des cotylédons n'est nullement comparable. Il se rapprocherait davantage des Rosacées à ovaire unicarpellé et à fruit drupacé ; mais il tendrait plutôt, comme l'avait observé Baillon, vers le type des Amygdalées, dont l'ovaire renferme

deux ovules pendants et où le style est terminal que vers les Chrysobalanées, qui ont des ovules ascendants et un style gynobasique; mais, beaucoup de caractères, tels que l'adhérence de l'ovaire et les particularités de la graine ne permettent pas de rattacher complètement le genre *Strephonema* aux Rosacées.

La conclusion qui nous paraît s'imposer est donc de considérer ce genre comme le type d'une famille nouvelle caractérisée surtout par l'adhérence de l'ovaire à sa base, la semi-anatropie des ovules, la conformation de la graine et de l'embryon. Cette famille formerait un lien naturel entre les Rosacées d'une part par les Amygdalées et les Combrétacées, d'autre part, par les *Terminalia* qui ont parfois un fruit drupacé.

CHRONIQUES ET NOUVELLES

Un comité s'est constitué à Berlin pour la souscription à un buste du Professeur KNY, qui vient de quitter son enseignement à l'Université.

***

M. A. MAIGE, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, vient d'être nommé Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Poitiers, en remplacement de M. Noël BERNARD, décédé.

***

M. V. H. BLACKMAN, vient d'être nommé professeur au Collège impérial des Sciences de South–Kensington.

***

M. E. BAUR, vient d'être nommé professeur à l'Ecole Supérieure d'agriculture de Berlin.

***

On annonce la mort de M. B. JÖNSSON de l'Université de Lund, et celle de M. J.–H. HART, directeur du Jardin Royal de Bolanique de Port-d'Espagne.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. PIETERS.

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME VINGT-TROISIÈME

Livraison du 15 Juin 1911

N° 270

Entered at the New-York Post Office as Second Class matter.

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

1, RUE DANTE, 1

1911

LIVRAISON DU 15 JUIN 1911

I. — LA PÉROXYDASE ET LES PIGMENTS RESPIRATOIRES CHEZ LES PLANTES, par **MM. W. Palladine** et **P. Iraklionoff** 225

II. — LES ASCLÉPIADÉES APHYLLES DANS L'OUEST DE MADAGASCAR, par **MM. H. Jumelle** et **H. Perrier de la Bâthie** 248

III. — SUR L'ANTHOCYANE DES PLANTULES DE CRASSULACÉES, par **MM. H. Chartier** et **H. Colin**. . 264

IV. — NOTES BIBLIOGRAPHIQUES. 267

MAIDEN (J.-H.). — The forest flora of New South Wales.

DOMBROWSKI, W. — Die Hefen in Milch und Milchprodukten.

LUDWIG ROSE. — Beitrage zur Kenntniss des organismen in Eichenschleimfluss.

V. — CHRONIQUES ET NOUVELLES 272

ERRATUM

***Dans le** mémoire de* **M.** Beauverie, *la fig. 8 a été par erreur placée à gauche et la fig. 7 placée à droite.*

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement 1, rue Dante, Paris (V^e^).

LA PEROXYDASE ET LES PIGMENTS RESPIRATOIRES

CHEZ LES PLANTES

Par MM. W. PALLADINE et P. IRAKLIONOFF

La respiration des plantes est effectuée par deux sortes de réactions chimiques : en premier lieu, par les diverses décompositions des substances organiques d'une constitution compliquée et, en second lieu, par les oxydations des produits simples dérivés de ces substances (1).

Les oxydations demandent l'action de l'oxygène de l'air; elles appartiennent à un groupe de réactions chimiques très compliquées et encore peu étudiées. On sait seulement que l'activité des diastases spécifiques est nécessaire pour ces oxydations ainsi que pour la respiration normale de l'organisme. La nature de ces diastases reste encore très peu connue malgré les recherches nombreuses et détaillées faites par M. Bertrand (2), M. Bach (3), M. Chodat (4), M. Euler et M. Bolin (5) M. Deleano (6) et M. Van der Haar (7). Les recherches faites par l'un de nous (8) ont démontré que, à part les diastases, ce sont les

(1) W. Palladine. Biochemische Zeitschrift. XVIII, 1909, p. 151.

(2) G. Bertrand. Annales de chimie et de physique. 7 sér. t. XII, 1897, p. 115. P. Sée. *Les diastases oxydantes et réductrices des champignons.* Paris, 1910.

(3) A. Bach. *Die langsame Verbrennung und die Oxydations-fermente* (Abderhalden. Fortschritte der naturwiss. Forschung. Bd. I, 1910, p. 85).

(4) R. Chodat. *Darstellung von Oxydasen und Katalasen tierischer und pflanzlicher Herkunft. Methoden ihrer Anwendung.* (Abderhalden. Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden. Bd. III, 1910, p. 42).

(5) H. Euler und Bolin. Zeitschrift fur physiol. Chemie. Bd. LXI, 1909, p. 1, 72.

(6) Deleano. Biochemische Zeitschrift. Bd. XIX, 1909, p. 266.

(7) Van der Haar. Berichte chemisch. Gesellschaft. Bd. XLIII, 1910, p. 1321 et 1327.

(8) W. Palladine. Berichte bot. Gesellschaft. 1908, p. 378, 389; 1909, p. 101. Biochemische Zeitschrift. Bd. XXVII, 1910, p. 441.

pigments respiratoires qui appartiennent au nombre des agents nécessaires pour le cours normal des oxydations. On comprend dès lors l'intérêt que présente la question du rapport existant entre les diastases oxydantes et les pigments respiratoires. Nous donnons ici quelques faits nouveaux pouvant éclaircir le rapport qui existe entre l'une des diastases oxydantes, la peroxydase, et les pigments respiratoires.

I. — La Peroxydase

On obtient la peroxydase à l'état plus ou moins pur par diverses méthodes de préparation. Il est utile peut-être, pour les recherches futures, d'insister ici également sur les méthodes qui ne donnent pas de résultats suffisants. D'après nos expériences, les procédés de purification proposés par M. Rona (1), notamment, n'atteignent pas leur but. Voici, à ce sujet, quelques résultats de nos expériences :

1° L'argile anglaise proposée par M. Rona pour la séparation des substances albuminoïdes entraîne dans le précipité non seulement ces dernières, mais aussi la peroxydase. Nous avons pris, dans nos expériences, pour un volume de l'extrait contenant la peroxydase 1/3 de volume de poudre argileuse et nous avons constaté, après filtration, que toute la peroxydase se trouve dans le précipité;

2° La poudre de colophane employée pour la purification de la peroxydase nous a donné aussi des résultats négatifs;

3° La solution alcoolique de mastic, proposée par M. Rona, n'est pas commode non plus pour la purification de la peroxydase, car le mastic empêche la filtration du liquide et demande une trop grande quantité d'eau pour sa précipitation; d'autre part, il faut prendre une très grande quantité d'alcool pour dissoudre de nouveau le mastic après la précipitation de la peroxydase.

4° On peut dire la même chose au sujet de la précipitation de la peroxydase par le tanin; il est très probable que le tanin empoisonne la peroxydase. On constate que le précipité contenant la peroxydase et le tanin, après filtration et séparation soigneuse du tanin, agit très faiblement sur le gayacol et le pyrogallol. Nous

(1) P. Rona. Abderhalden's Handbuch der biochemischen Arbeits methoden Bd. I, p. 686, 1910.

avons pris dans une de nos expériences le jus de *Citrullus vulgaris* et nous l'avons traité par du tanin. Toute la peroxydase a été entraînée dans le précipité par le tanin et séparée ensuite de ce dernier. Nous avons constaté que le jus non purifié du melon d'eau donne, avec de la résine de gayac ou avec du gayacol, une coloration beaucoup plus forte que celle obtenue par la solution aqueuse de la peroxydase précipitée par le tanin. Pour obtenir une coloration d'intensité égale, il faut employer un volume de jus non purifié 12 fois moindre que le volume de la solution de peroxydase purifiée.

Nous avons pris, dans une autre expérience, 25 centimètres cubes de jus de melon d'eau; nous y avons ajouté 5 centimètres cubes de H^2O^2 (solution à 1 pour cent) et un gramme de pyrogallol dissous dans 10 centimètres cubes d'eau (1). Au bout de 24 heures, la quantité de purpurogalline était égale à 0,0675 gr. D'autre part, 25 centimètres cubes de la solution aqueuse de peroxydase précipitée de ce jus par du tanin ont donné, après le même traitement par l'eau oxygénée et le pyrogallol, 0,048 gr. de purpurogalline seulement.

5° Enfin, la purification de la peroxydase par l'acétate d'uranile ou de plomb appartient aussi au groupe des procédés qui ne donnent pas de bons résultats.

Voici maintenant les procédés qu'on peut employer avec succès pour la purification de la peroxydase. D'après les résultats de nos expériences, ce sont : 1° La précipitation des substances albuminoïdes par le bichlorure de mercure; 2° la précipitation des mêmes substances par l'hydroxyde de cuivre [$Cu(OH)^2$]; 3° la dialyse; 4° la précipitation de la peroxydase par l'alcool.

Nous ajoutons ici, pour comparer la valeur relative de ces porcédés, quelques résultats de nos expériences.

Expérience I. — Le jus de melon d'eau a été filtré et traité par une solution aqueuse saturée de bichlorure de mercure (2). Au bout de 24 heures, le liquide a donné un précipité blanc. Le liquide, séparé du précipité par filtration, donne une coloration bien forte avec de la résine de gayac ou avec du gayacol en présence d'eau oxy-

(1) Chodat et Bach. Berichte chemisch. Gesellschaft. 1903, p. 606. Arch. d. Sc. phys. et naturelles, 1904.

(2) Voy. les expériences de Hata. Biochemische Zeitschrift. Bd. XVII. 1909 p. 156.

génée. Cette coloration est un peu moins intense que celle obtenue par le jus non purifié. 25 centimètres cubes de jus de melon d'eau non purifié donnent avec du pyrogallol et de l'eau oxygénée, au bout de 24 heures, 0,0675 gr. de purpurogalline. 25 centimètres cubes du même jus purifié par le bichlorure de mercure donne, après le traitement par le pyrogallol et l'eau oxygénée, 0,0596 gr. de purpurogalline.

Donc, le bichlorure de mercure entraîne une petite quantité de peroxydase dans le précipité. En lavant le précipité, on constate que les eaux de lavage renferment de la peroxydase. Ce fait prouve que le bichlorure de mercure entraîne la peroxydase mécaniquement et que l'on peut la séparer du précipité par un simple lavage à l'eau. Ajoutons que le liquide retiré du jus après la précipitation des substances albuminoïdes par le bichlorure de mercure ne renferme pas de ces substances. On peut dialyser ce liquide par le procédé ordinaire. Nous l'avons dialysé au moyen d'une vessie de poisson, pendant 7 jours (1).

On voit donc que la méthode de purification de la peroxydase par le bichlorure de mercure donne de bons résultats pour certains fruits (melon d'eau).

La dialyse affaiblit un peu la réaction de coloration caractéristique de la peroxydase, car elle augmente la quantité d'eau dans le liquide dialysé.

La même méthode de purification de la peroxydase a été employée pour des écorces du melon d'eau conservées au laboratoire pendant plus d'un an. Une portion de ces écorces a été conservée dans l'alcool et l'autre dans l'eau chloroformée. Toutes les deux portions d'écorces après le traitement par le bichlorure du mercure, ont donné une forte coloration caractéristique de la peroxydase; l'intensité de la coloration a été trois fois plus forte que la coloration obtenue par le même volume de jus frais du melon d'eau.

D'autres expériences faites sur le melon d'eau et le potiron ont montré que les diverses parties de ces fruits renferment des quantités différentes de peroxydase. En faisant un extrait par l'eau chloroformée, on constate que l'extrait préparé avec des écorces de melon d'eau donne la coloration caractéristique de la peroxydase

(1) D'après Welchornski (R. Kraus und C. Levaditi; Handbuctli d Technik und Methodik d. Immunitätsforschung, I, 1908, p. 536.)

avec une intensité 3,5 fois plus forte que celle obtenue par l'extrait des parties intérieures du fruit. Un fait analogue a été constaté pour le potiron. L'écorce de ce fruit renferme la plus grande quantité de peroxydase; vient ensuite la couche la plus proche du centre du fruit. La quantité de peroxydase renfermée dans cette couche est, d'après la réaction coloration, deux fois moindre que celle renfermée dans l'écorce. Enfin, dans la couche intermédiaire du fruit, la quantité de peroxydase tombe à zéro.

On voit donc qu'il est préférable de prendre, pour la préparation de la peroxydase, les couches extérieures des fruits tels que le melon d'eau et le potiron.

Il faut remarquer que Staub (1) a employé également, pour la préparation de la tyrosinase, les couches superficielles de la pomme de terre.

Expérience II. — Les embryons de Blé (2) constituent un des meilleurs matériaux pour la préparation de la peroxydase. Des expériences préliminaires ont montré que le bichlorure de mercure entraîne dans le précipité, avec les substances albuminoïdes, une quantité considérable de peroxydase. L'intensité de la coloration qu'on obtient après le traitement par le bichlorure de mercure, diminue jusqu'à 5 fois. Un extrait aqueux des embryons de Blé à l'état frais donne avec le pyrogallol et l'eau oxygénée, au bout de 24 heures, 0,1234 gr. de purpurogalline pour 25 centimètres cubes d'extrait. Le même extrait purifié par le bichlorure de mercure donne 0,0762 gr. de purpurogalline. En lavant le précipité obtenu par le bichlorure de mercure, on constate la présence de peroxydase dans les eaux du lavage; ce fait montre que la peroxydase a été entraînée par le bichlorure de mercure mécaniquement.

Expérience III. — 200 gr. d'embryons de Blé ont été broyés et traités par 1 litre de solution aqueuse saturée de bichlorure de mercure. Au bout de 24 heures, le liquide a été filtré et traité par la résine de gayac et le gayacol; la coloration obtenue était très forte. En faisant bouillir ce liquide, on obtient un précipité qui commence à se dissoudre de nouveau pendant le refroidissement : mais

(1) W. Straub. *Nouvelles recherches sur la tyrosinase.* Genève, 1908; p. 15.

(2) On peut avoir les embryons du blé chez le « Maggi; » Zurich; Stadtmühle.

le liquide ne donne pas de coloration avec de la résine de gayac ou le gayacol. Ce fait prouve que la peroxydase a été tuée par l'échauffement (1).

Nous avons pris ensuite 270 centimètres cubes d'extrait des embryons obtenu par le bichlorure de mercure et nous y avons ajouté deux fois de suite 600 centimètres cubes d'alcool à 95°. Une partie du précipité blanc obtenu par l'alcool a été broyée dans le mortier et dissoute ensuite dans l'eau (le précipité est très difficilement soluble dans l'eau). La dissolution aqueuse a donné une très forte réaction de coloration. Une partie de cette dissolution a été dialysée dans une vessie de poisson dans l'eau distillée. Au bout de sept jours, la solution contenant la peroxydase purifiée a été évaporée; le reste a été brûlé et analysé pour la détermination qualitative des cendres.

Les embryons de Blé, employés pour la première extraction, ont été traités une seconde fois par le bichlorure de mercure (500 centimètres cubes). L'extrait ainsi obtenu donne encore, au bout de 24 heures, une très forte coloration caractéristique de la peroxydase. On voit par ce fait que les embryons de blé renferment beaucoup de peroxydase. En précipitant l'extrait par le chlorure de baryum, nous avons obtenu un fort précipité, mais le liquide donne la même intensité de coloration due à la peroxydase. Cette dernière a été précipitée ensuite par l'alcool (680 centimètres cubes) à 95° et purifiée par la dialyse.

Une autre portion du second extrait des embryons de Blé, égale à 200 centimètres cubes, a été précipitée par l'hydroxyde de cuivre, $Cu(OH)^2$. Une partie de la peroxydase a été entraînée mécaniquement dans le précipité, d'où l'on pouvait la dégager par un simple lavage à l'eau. Le reste de la peroxydase se trouvait dans le liquide. Nous avons traité ce liquide par le chlorure de baryum qui ne change pas l'intensité de la réaction de coloration. Le liquide a été dialysé ensuite et évaporé jusqu'à un poids sec constant égal à 0,1196 gr. La substance sèche ainsi obtenue a été brûlée; elle a donné 0,008 gr., c'est-à-dire 6,68 pour cent de cendres.

(1) Certains auteurs pensent que l'ébullition de la solution ne tue pas la peroxydase. Il est probable que les résultats contraires à ceux fournis par nos expériences sont dus au milieu où se trouve la peroxydase. (E. W. Schmidt. *Zeitschrift fur physiol. Chemie.* LXVII, p. 314).

Expérience IV. — 200 gr. d'embryons de Blé, non broyés, ont été traités par un litre d'eau chloroformée + 100 gr. de sucre + 50 gr. de Na^2HPO^4. On constate, au bout de 23 jours, que le liquide donne une coloration due à la peroxydase plus forte que l'extrait préparé des mêmes embryons par l'eau pure.

20 centimètres cubes de ce liquide donnent avec du pyrogallol et de l'eau oxygénée, au bout de 24 heures, 0,1632 gr. de purpurogalline, tandis que 25 centimètres cubes d'extrait aqueux ne donnent après le même traitement, que 0,1234 gr. de purpurogalline. L'extrait obtenu par l'eau additionnée de sucre et de phosphate de soude a été précipité par le bichlorure de mercure; la réaction de coloration qu'on obtient dans le liquide après cette précipitation est faible. Au contraire, si l'on précipite l'extrait par le chlorure de baryum, on constate que presque toute la peroxydase reste dans le liquide.

20 centimètres cubes de ce liquide après traitement par le pyrogallol et l'eau oxygénée donnent, au bout de 24 heures, 0,1608 gr. de purpurogalline.

200 centimètres cubes du même liquide ont été traités par 75 centimètres cubes d'hydroxyde de cuivre + 25 centimètres cubes d'une solution saturée d'alun. Le précipité obtenu a été filtré et soigneusement lavé à l'eau jusqu'à disparition des traces de peroxydase. Le liquide obtenu après filtration et additionné par les eaux de lavage a été dialysé pendant sept jours dans des dialyseurs de parchemin. Par l'addition des eaux de lavage, le volume du liquide a atteint 1.000 centimètres cubes. Nous l'avons évaporé ensuite à 35-40° sous une petite pression jusqu'à un volume égal à 200 centimètres cubes. 20 centimètres cubes de ce liquide additionnés d'eau oxygénée et d'un gramme de pyrogallol ont donné, au bout de 24 heures, 0,1593 gr. de purpurogalline. On voit que le procédé de purification de la peroxydase par la précipitation double au moyen de chlorure de baryum et d'hydroxyde de cuivre est le meilleur, car la perte de peroxydase est presque insignifiante; dans notre expérience, la perte était égale à 0,1632 gr. — 0,1593 gr. = 0,0039 gr. de purpurogalline.

La solution contenant la peroxydase purifiée a été dialysée une seconde fois pendant sept jours. En déterminant l'intensité de coloration due à la peroxydase, au moyen des tableaux de Saccardo (1)

(1) Saccardo. Chromotaxia, seu nomencl. colorum.

et du « Code des Couleurs » (1), nous avons constaté que la dialyse ne produit aucune action appréciable sur la peroxydase purifiée.

Le liquide contenant la peroxydase purifiée a été évaporé jusqu'à un poids sec constant et égal à 0,1590 gr.; en le brûlant nous avons obtenu 0,012 gr., c'est-à-dire 7,54 % de cendres.

Expérience V. — 200 gr. d'embryons de Blé ont été traités par 200 centimètres cubes de solution alcoolique de bichlorure de mercure à 5 %. Au bout de 24 heures, le liquide a été additionné par 800 centimètres cubes d'eau. Au bout de 9 jours, l'extrait des embryons ainsi obtenu a donné de très bonnes colorations caractéristiques de la peroxydase. 25 centimètres cubes de cet extrait additionné de 1 % et par 1 gr. de pyrogallol ont donné, au bout de 24 heures, 0,1075 gr. de purpurogalline. La purification de la peroxydase a été faite par le même procédé que dans l'expérience IV.

Expérience VI. — 200 gr. d'embryons de Blé ont été traités deux fois de suite par le bichlorure de mercure (voy. l'expérience III) et soigneusement lavés jusqu'à la disparition complète de la peroxydase dans les eaux de lavage. Les embryons ainsi préparés ont été traités ensuite par une solution de chlorure de sodium à 10 %. Au bout de 24 heures, le liquide a été filtré. L'épreuve à la coloration nous a montré une très grande quantité de peroxydase dans le liquide filtré; l'intensité de coloration était 8 fois plus forte que celle qu'on obtient avec l'extrait aqueux ordinaire des embryons. 25 centimètres cubes d'extrait obtenu par le chlorure de sodium, après l'addition d'eau oxygénée et de pyrogallol, ont donné, au bout de 24 heures, 0,3284 gr. de purpurogalline. Les mêmes embryons de Blé ont été traités une seconde fois par le chlorure de sodium et ils ont donné encore une très grande quantité de peroxydase.

On peut expliquer ce phénomène par une dissolution plus forte des substances protéïques dans l'eau additionnée de chlorure de sodium et par une action favorable du chlorure de sodium sur le dégagement de la peroxydase. Il est probable que la peroxydase est intimement liée aux substances albuminoïdes et que le chlorure de sodium détruit cette liaison.

L'extrait des embryons obtenu par le chlorure de sodium a été dialysé; au bout de 12 jours, les substances albuminoïdes ont formé

(1) Code des couleurs (Klincksieck).

un fort précipité et ont entraîné une partie de la peroxydase. Mais la précipitation des substances albuminoïdes n'a pas été complète; les réactions appropriées ont montré la présence de ces substances également dans le liquide. La purification ultérieure de la peroxydase a été faite par l'hydroxyde de cuivre.

Une autre portion du même extrait obtenu par le chlorure de sodium a été dialysée pendant 8 jours. Pour séparer les substances albuminoïdes, nous avons traité le liquide dialysé par le bichlorure de mercure et nous avons obtenu des résultats négatifs. Le bichlorure de mercure a entraîné dans le précipité, avec les substances albuminoïdes, toute la peroxydase. Donc, il faut penser que la présence, dans la dissolution, d'une grande quantité de matières albuminoïdes, dégagées par l'action de chlorure de sodium, empêche de beaucoup la purification et la séparation de la peroxydase.

Dans les cendres de peroxydase purifiée, obtenue en partant d'embryons de blé, a été constatée la présence de calcium, de sodium, de potassium, de fer et de l'azote (1).

Expérience VII. — Nous avons pris trois portions de graines de Pois chacune de 100 gr. La première portion a été broyée et traitée par 1.000 centimètres cubes d'eau chloroformée. L'extrait obtenu avait une couleur jaunâtre. Les réactions appropriées ont montré une quantité considérable de peroxydase. Le liquide a été additionné, au bout de sept jours, par 200 centimètres cubes de solution alcoolique de bichlorure de mercure à 5 %. Nous avons filtré le liquide au bout de 24 heures et nous avons constaté qu'il contient très peu de peroxydase.

La seconde portion de Pois broyée a été traitée par 200 centimètres cubes de solution alcoolique de bichlorure de mercure à 5 %. Nous avons ajouté, au bout de deux jours, au liquide, 1,000 centim. cubes d'eau. L'extrait a pris une couleur rose de lait. A la fin de l'expérience, nous n'avons pas trouvé de traces de peroxydase.

Nous avons fait germer la troisième portion de Pois et nous avons broyé les jeunes plantules. Les plantules broyées ont été traitées ensuite par 200 centimètres cubes de solution alcoolique de bichlorure de mercure à 5 % et, au bout de deux jours, encore par 1.000

(1) M. Bach a obtenu la peroxydase sans fer et manganèse. Voy. A. Bach. Berichte Chem. Gesellschaft. Bd. XLIII, 1910, p. 364.

centimètres cubes d'eau. La réaction de coloration a montré une très faible quantité de peroxydase dans l'extrait ainsi obtenu.

On voit par ces faits que le bichlorure de mercure retient la peroxydase des Pois dans le précipité.

Nous avons repris après cette préparation préliminaire, les trois lots et nous les avons traités chacun par 500 centimètres cubes de solution de chlorure de sodium à 10 %. Les extraits ainsi obtenus ont montré au bout de cinq jours, la présence d'une très grande quantité de peroxydase. L'intensité de coloration, due à la peroxydase, était 200 fois plus forte dans ces extraits que celle constatée dans les extraits obtenus par le bichlorure de mercure.

Ce fait montre très nettement que le chlorure de sodium a dégagé la peroxydase qui restait inactive sous l'action du bichlorure du mercure.

Expérience VIII. — 10 gr. d'embryons de Blé broyés ont été traités par 200 centimètres cubes de glycérine. Le liquide filtré, au bout de quatre jours, a donné une forte coloration caractéristique de la peroxydase. Le même traitement a été appliqué à 10 gr. de Pois broyés; l'extrait ainsi obtenu n'a donné aucune coloration avec de la résine de gayac ou du gayacol. Tous les deux extraits ont été précipités ensuite par l'alcool ainsi que par la solution alcoolique de bichlorure de mercure à 5 %. Nous avons constaté ensuite que le phosphate de potassium (K^2HPO^4) dissout les précipités obtenus avec les embryons de Blé et qu'il ne dissout pas ceux qui sont obtenus avec les Pois; le premier liquide montre la présence d'une quantité considérable de peroxydase; au contraire, le second ne donne pas de trace de la coloration caractéristique de la peroxydase. On voit, par ce fait, que l'état de la peroxydase des embryons de blé est tout différent de celui de la peroxydase des graines ou plantules de Pois; il est probable que la peroxydase dans le premier cas se trouve à l'état de diastase formée et dans le second à l'état de pro-diastase.

Une différence analogue a été constatée pour l'action du formol. 10 gr. d'embryons de blé broyés ont été traités par 200 centimètres cubes d'une dissolution de formol à 2 %. L'extrait ainsi obtenu a donné une coloration, due à la peroxydase, aussi forte que

l'extrait aqueux. Au contraire, l'extrait obtenu, par le même traitement, de 10 gr. de graines de Pois broyés a donné une intensité de coloration 50 fois plus faible que celle constatée dans le cas précédent.

Nous avons traité ensuite ces mêmes graines de Pois par la solution de chlorure de sodium à 10 % additionnée de 3 % de formol; l'intensité de coloration, due à la peroxydase, restait très faible. Enfin, nous avons lavé soigneusement notre portion de Pois et nous l'avons traitée par une dissolution de chlorure de sodium sans formol, mais la coloration restait toujours très faible.

Ce fait montre que l'aldéhyde formique produit une action nuisible sur la peroxydase de Pois et que le chlorure de sodium ne peut pas paralyser cette action. D'autre part, ce même fait prouve que l'état, dans lequel la peroxydase se trouve chez les diverses plantes, peut être différent.

Nous avons remarqué déjà que le précipité de peroxydase purifiée, obtenue par l'action de l'alcool, se dissout difficilement dans l'eau. C'est pourquoi nous avons essayé de trouver un dissolvant meilleur que l'eau. L'expérience a montré que les acides et les alcalis exercent une action nuisible sur la peroxydase même quand on les prend très étendus (0,1 pour cent). Nous avons constaté ensuite que le phosphate de potasse (K^2HPO^4) était le meilleur dissolvant de la peroxydase.

De tout ce que nous venons de dire on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les substances albuminoïdes empêchent la mise en liberté et la purification de la peroxydase en l'entraînant dans le précipité. C'est pourquoi la quantité de ces substances albuminoïdes chez les divers végétaux, qui servent à la préparation de la peroxydase, joue un grand rôle dans le choix de procédés de cette préparation.

D'après les résultats de nos expériences, c'est le procédé de la précipitation par le bichlorure de mercure qui est le meilleur pour certains fruits, comme le melon d'eau, le potiron, etc. Mais ce même procédé est beaucoup moins utile pour les embryons de Blé; enfin, il ne donne que des résultats négatifs pour le Pois.

2° On peut appliquer, dans certains cas, la précipitation par le

chlorure de baryum et l'hydroxyde de cuivre quand on veut purifier la peroxydase obtenue dans la dissolution.

3° On peut employer la solution de chlorure de sodium pour extraire la peroxydase dans les cas où l'eau simple donne des résultats négatifs.

4° Le phosphate de potasse (K^2HPO^4) est un bon dissolvant de la peroxydase purifiée.

5° L'état dans lequel la peroxydase se trouve chez les graines de Pois est différent de celui chez les embryons de blé. Il est probable que chez les graines de Pois, la peroxydase se trouve dans un état fixé.

La quantité de peroxydase est très variable chez les diverses plantes. Nous avons fait quelques expériences sur l'*Aspergillus niger*, et nous avons contaté que les extraits obtenus, d'une culture de ce champignon, par l'eau, par le bichlorure de mercure ou par la solution de chlorure de sodium, ne contiennent pas trace de peroxydase. Pour montrer que ces résultats négatifs sont dus à une trop petite quantité de peroxydase, et non aux procédés d'extraction, nous avons fait les expériences suivantes :

Expérience IX. — La culture d'*Aspergillus niger* sur un extrait de pruneau avait des spores mûres. Nous avons pris le mycélium de cette culture séparé de son milieu et nous avons déterminé les quantités de CO^2 dégagé par le mycélium dans l'air ; ensuite après l'addition de pyrogallol seul et enfin, après l'addition de pyrogallol et d'eau oxygénée. Voici ces quantités :

A l'air pendant 2 heures	9.2	milligr.	de CO^2
Après l'addition de pyrogallol	traces		»
Après l'addition de pyrogallol et de l'eau oxygénée, au bout de 36 heures	15.6	»	»

Expérience X. — Une jeune culture d'*Aspergillus niger* sur un mélange de liquide Raulin sans spores. Le mycélium de cette culture séparé du milieu nutritif a dégagé :

A l'air pendant 1 heure.	16.0	milligr.	de CO^2
Après l'addition de pyrogallol	traces		»
Après l'addition de pyrogallol et de l'eau oxygénée, au bout de 24 heures.	10.8	»	»

Expérience XI. — Les cultures de deux jours de *Saccharomyces Logos*, *S. Pombe* et *S. membranæfaciens*, obtenues sur un extrait de pruneau, ont été filtrées et placées dans des récipients contenant chacun 30 centimètres cubes du même extrait. Ces cultures ont dégagé les quantités suivantes de CO^2, en milligrammes :

	S. Logos	S. Pombe	S. Membranæ faciens
A l'air pendant 1 heure	56.8	32.4	7.2
Après l'addition de pyrogallol . . .	trace	trace	trace
Après l'addition de pyrogallol et de l'eau oxygénée, au bout de 24 heures	32.8	29.2	39.2

Si nous supposons les quantités de CO^2 dégagé par l'*Aspergillus niger* et les *Saccharomyces*, au cours des expériences IX, X et XI, à l'air pendant une heure, égales à 100, nous obtenons les nombres relatifs suivants pour les quantités de CO^2 dégagé après l'addition de pyrogallol et d'eau oxygénée :

Aspergillus niger, culture jeune.	67.5
id. culture vieille.	339.1
Saccharomyces Logos	57.7
S. Pombe	90.1
S. membranæfaciens	544.4
Embryons de Blé (d'après les expériences antérieures (1)	1343.4

On voit, d'après ces nombres, que les embryons de Blé, riches en peroxydase, dégagent, après l'addition d'acide pyrogallique et d'eau oxygénée, une quantité beaucoup plus grande de CO^2 que l'*Aspergillus* et les *Saccharomyces* après le même traitement.

Conformément aux résultats des expériences faites par M. Gruss et M. Bach, nous avons constaté l'absence de peroxydase chez les Levures pressées ainsi que dans le zymime. M. Bach (2) a démontré que la peroxydase produit une action nuisible sur le travail fermentatif du zymime. On sait que les Levures produisent la fermentation même en présence de l'air; il est très probable que ce fait étrange peut être expliqué par une trop petite quantité ou même l'absence complète des diastases oxydantes chez les Levures.

(1) W. Paladine. Zeitschrift fur physiol. Chemie. XLVII, 1906, p. 407.
(2) A. Bach. Berichte chem. Gesellschaft. 1906, p. 1664.

Voici encore quelques expériences qui ont donné des résultats intéressants pour l'étude de peroxydase.

Expérience XII. — Un extrait aqueux d'embryons de Blé a été précipité plusieurs fois de suite par l'alcool. Nous avons obtenu dans les premières portions de cette précipitation fractionnée, des substances albuminoïdes qui ne donnent pas les réactions de coloration de la peroxydase. Les portions moyennes, obtenues dans l'ordre des précipitations successives ont donné la plus forte coloration, quoique encore très faible par elle-même.

Au moment où l'alcool a cessé de donner le précipité nous avons ajouté de l'acétone; le nouveau précipité ainsi obtenu ne contenait pas de peroxydase. Le liquide filtré après cette dernière précipitation a été réduit, par l'évaporation, à un petit volume. Si l'on ajoute une goutte de ce liquide à la peroxydase, purifiée par la précipitation fractionnée par l'alcool, on obtient une augmentation considérable de l'intensité de coloration caractéristique de la peroxydase. Le liquide stimulait donc les réactions de coloration. Nous avons essayé de remplacer ce liquide par de l'acide acétique faible et nous avons obtenu la même stimulation.

Expérience XIII. — La peroxydase purifiée obtenue en partant des embryons de Blé a été dissoute dans l'hydroxyde de baryum; un excès de ce dernier a été neutralisé par le gaz carbonique. Nous avons obtenu, après la filtration, un liquide transparent, qui ne donnait pas les réactions caractéristiques de la peroxydase. Mais il suffit d'ajouter à ce liquide un peu d'acide acétique faible pour obtenir de bonnes réactions avec le benzidine et l'α-naphtylamine.

Expérience XIV. — 1° 0,5 gr. de peroxydase ont été traités par 25 centimètres cubes d'eau + 20 centimètres cubes d'acide pyrogallique à 20 % + 30 centimètres cubes d'eau oxygénée à 3 %.

2° Un autre lot de peroxydase égal à 0,5 gr. a été traité par le même mélange additionné de 5 centimètres cubes de stimulant. Nous avons pris comme stimulant le liquide obtenu au cours de l'expérience XII après la précipitation par l'acétone.

3° 5 centimètres cubes de stimulant ont été traités par le même mélange que le premier lot de peroxydase.

Nous avons déterminé ensuite les quantités de CO^2 dégagé par

deux lots de peroxydase ainsi que par un lot de stimulant après le traitement indiqué. Voici les nombres obtenus :

	Quantités de CO^2 en milligrammes.		
	Peroxydase	Peroxydase + stimulant	Stimulant
Au bout de 2 heures	76.8	79.6	—
Au bout de 20 heures	18	15.6	4.8
Total . . 22 heures	94.8	95.2	4.8

On voit par ces nombres que le stimulant ne produit aucune influence sensible sur l'oxydation du pyrogallol par la peroxydase.

Expérience XV. — Les pointes de tiges étiolées de *Vicia Fala* ont été tuées par les vapeurs de toluol, broyées dans un mortier avec du sable et traitées ensuite par l'eau. L'extrait ainsi obtenu a été précipité par l'alcool; le précipité traité par l'eau ne donnait pas de colorations caractéristiques de la peroxydase sans addition de substance stimulante. Nous avons pris trois portions de ce dernier extrait aqueux égales chacune à 15 centimètres cubes.

La première de ces portions a été traitées par 10 centimètres cubes de pyrogallol à 20 % et par 20 centimètres cubes d'eau oxygénée à 3 %. Nous avons ajouté au liquide ainsi obtenu 1 centimètre cube de stimulant retiré des embryons de Blé. La seconde portion a été traitée par le même mélange, mais la quantité de stimulant était égale à 5 centimètres cubes. La troisième portion nous a servi pour le contrôle. Nous avons déterminé ensuite les quantités de CO^2 dégagé par les diverses portions de l'extrait et nous avons obtenu les nombres suivants :

Peroxydase seule	23.6
Peroxydase et 1 centim. cube de stimulant	21.6
Peroxydase et 5 centim. cubes de stimulant. . . .	21.6

Ces nombres confirment les résultats obtenus dans l'expérience XIV, ainsi que notre conclusion que la substance stimulante ne change en rien l'oxydation du pyrogallol par la peroxydase.

Expérience XVI. — Des racines de Raifort ont été broyées au moyen d'une râpe, au mois de janvier, et desséchées à la température ordinaire du laboratoire. La matière sèche a été broyée

ensuite dans un mortier. Une partie de la poudre ainsi obtenue a été soumise à une extraction par l'eau pendant une demi-heure. L'extrait nous a donné de très bonnes réactions de coloration de la peroxydase avec du gayacol et du benzidine. Le traitement par l'α-naphtylamine n'a pas donné de résultats précis ; enfin, l'aloïne n'a produit aucune coloration.

Une autre partie de la poudre du Raifort a été soumise à l'extraction par l'alcool méthylique à la température ordinaire de chambre. Nous avons remplacé cinq fois les portions de l'alcool laissées en contact de la poudre. Le reste a été traité par l'eau. Nous n'avons pas constaté, après la filtration, les colorations caractéristiques de la peroxydase ni dans le liquide, ni dans le précipité resté insoluble.

Les extraits obtenus par l'action d'alcool méthylique ne contenaient pas non plus de peroxydase.

Expérience XVII. — Des racines de Raifort ont été broyées au moyen d'une râpe et soumises à l'extraction par l'alcool méthylique avant la dessication. Ensuite, le reste a été desséché et broyé dans un mortier. La poudre ainsi obtenue a été soumise à l'extraction une fois par l'alcool méthylique et la seconde fois par l'eau. Nous avons comparé l'intensité des réactions dues à la peroxydase de cet extrait avec celle obtenue pour un extrait aqueux de Raifort sans traitement préalable par l'alcool méthylique ; nous avons constaté que l'intensité des réactions dans le premier cas a été beaucoup plus faible que dans le second.

L'extrait obtenu par l'alcool méthylique a été précipité par l'acétone ; le liquide a été évaporé. Une dissolution aqueuse de la substance restée après l'évaporation de l'acétone n'agit pas comme un stimulant sur les réactions de coloration produites par la peroxydase.

Expérience XVIII. — La peroxydase obtenue avec les embryons de Blé donne une très bonne réaction de coloration avec de l'aloïne additionné d'eau oxygénée. Au contraire, la peroxydase obtenue avec des racines desséchées de Raifort ou des racines de Betterave ainsi que celle retirée des pointes de tiges de *Vicia Faba* ne donnent pas la réaction de coloration avec l'aloïne. Il est probable que la peroxydase des embryons de Blé renferme une substance particulière qui est nécessaire pour la réalisation de la réaction avec l'aloïne.

Il faut remarquer qu'une dissolution d'aloïne additionnée d'émulsine et de toluol prend, au bout d'un certain temps, une couleur rouge foncé. Par conséquent, une décomposition préalable de l'aloïne est nécessaire pour que la coloration soit effectuée.

Il est remarquable aussi que le benzidine donne une coloration rouge (50 vinosus) seulement avec la peroxydase des embryons de Blé; la coloration obtenue avec d'autres peroxydases est purement bleue.

On voit par tous ces faits que la question de la présence chez les plantes des substances stimulant les réactions de coloration, due à la peroxydase, est très intéressante au point de vue théorique. Les résultats de nos expériences montrent aussi que la peroxydase pure ne donne pas de coloration avec l'aloïne; la réaction de coloration demande, dans ce cas, probablement une décomposition préalable de l'aloïne.

II. — Les pigments respiratoires.

Nous avons déjà remarqué que les pigments respiratoires prennent part dans les réactions d'oxydation due à la respiration normale des plantes. Il est important de constater, au point de vue du rapport existant entre la peroxydase et ces pigments, que les chromogènes ou prochromogènes des pigments respiratoires se concentrent aux mêmes places que la peroxydase.

Voici quelques expériences qui montrent bien nettement la coïncidence dans la distribution de la peroxydase et des pigments respiratoires.

Expérience XIX. — Des racines de Betterave blanche coupées transversalement ont été placées sous une cloche remplie de vapeurs de chloroforme. Les racines meurent au bout d'un temps assez court et le chromogène respiratoire subit une oxydation rapide. On constate sur la surface blanche des coupures des racines des anneaux noirs marquant les faisceaux vasculaires. La couleur noire montre une forte concentration du pigment respiratoire. Si l'on mouille la surface des coupures transversales des racines fraîches par le gayacol et l'eau oxygénée, on obtient les mêmes anneaux d'une couleur brune. Cette couleur est due à l'oxydation du gayacol par la peroxydase. Donc, dans les parties de la plante où la peroxy-

dase est accumulée en grande quantité, les pigments respiratoires s'accumulent aussi en quantité plus grande qu'ailleurs.

Expérience XX. — Des racines de Betterave blanche ont été coupées en morceaux de telle sorte que les parties superficielles des racines ainsi que leurs sommets formaient une portion séparée des parties intérieures. Nous avons pris deux lots de racines d'un même poids et nous les avons traitées par l'eau chloroformée. Les lots ainsi traités ont été soumis à l'autolyse à l'air pendant 14 jours. L'extrait obtenu des parties superficielles des racines a pris une couleur presque noire; il renfermait en même temps une très grande quantité de peroxydase. Au contraire, l'extrait obtenu de parties intérieures des racines avait une couleur faible et il ne contenait que peu de peroxydase.

Un résultat analogue a été obtenu dans une autre expérience faite sur la pomme de terre.

D'après les recherches de l'un de nous, les procédés par lesquels on met en évidence les pigments respiratoires doivent varier suivant les particularités spécifiques de la plante choisie.

Voici encore quelques expériences qui ont donné des résultats bien nets.

Expérience XXI. — Des racines de Betterave blanche ont été coupées en petits morceaux. Nous avons pris trois lots de ces racines et nous les avons soumis à l'autolyse, le premier lot, dans l'eau chloroformée, le second, dans une dissolution saturée de chlorure de sodium, et le troisième lot, dans une dissolution de chlorure de calcium à 25 %, sans addition de chloroforme.

L'extrait obtenu du premier lot, au bout de 9 jours, avait une couleur noire due aux pigments respiratoires. Au contraire, les extraits appartenant au second et au troisième lot restaient presque incolores.

Ce fait montre très nettement que le chlorure de sodium ainsi que le chlorure de calcium, pris dans une forte concentration, empêchent la formation du pigment respiratoire.

Nous avons ajouté ensuite aux extraits obtenus du second et du troisième lot de racines autolysées, de l'émulsine ainsi que de l'émulsine additionnée de peroxydase et nous avons constaté que les extraits restent incolores pendant plusieurs jours.

Expérience XXII. — Des embryons secs de Blé ont été soumis à l'extraction par une dissolution saturée de chlorure de sodium pendant trois jours. L'extrait ainsi obtenu et filtré a pris, au bout de cinq jours, une couleur rouge; ce même extrait additionné d'émulsine a donné une couleur encore plus foncée. Un extrait aqueux des mêmes embryons a pris une couleur brune.

Expérience XXIII. — Des pointes de tiges étiolées de *Vicia Faba* ont été soumises à l'autolyse sans oxygène pendant 4 jours. L'extrait obtenu a donné de très bonnes réactions avec le gayacol et le benzidine, mais il n'a pas donné de réaction avec l'aloïne.

Cet extrait a subi ensuite une lente oxydation et, au bout de quelques jours, il est devenu noir.

Nous avons constaté que l'addition de l'émulsine empêche l'oxydation de l'extrait tandis que l'addition d'eau augmente la vitesse de cette réaction.

On voit par ces faits que l'action du chlorure de sodium en dissolution saturée, varie suivant la plante; il ralentit la formation du pigment respiratoire chez les embryons de Blé ainsi que chez les tiges de *Vicia Faba* et l'empêche complètement chez les racines de la Betterave. L'addition d'émulsine produit une action favorable sur la formation du pigment respiratoire chez les embryons de Blé et elle l'empêche chez les tiges de *Vicia Faba*; enfin, les racines de Betterave restent indifférentes à l'action d'émulsine.

Expérience XXIV.— Trois lots d'embryons de Blé ont été traités, le premier par l'eau, le second par une dissolution de glucose à 20 % et le troisième par les produits de fermentation alcoolique ordinaire. Nous avons divisé ensuite chaque lot en deux portions dont l'une a été chloroformée.

Au bout de 24 heures, nous avons constaté la formation du pigment respiratoire dans l'extrait obtenu par les produits de fermentation alcoolique et contenant le chloroforme; cet extrait a pris une couleur brun-noir. Le même extrait sans chloroforme n'a montré qu'une faible coloration. Tous les autres extraits restaient incolores.

Au bout de cinq jours, la formation du pigment respiratoire a été constatée dans l'extrait obtenu par l'eau chloroformée, tandis que les extraits obtenus par la solution de glucose sont restés toujours incolores.

Expérience XXV. — Six lots d'embryons de Blé ont été traités, le premier par l'eau, le second par une solution de glucose à 10 %, le troisième par une solution de chlorure d'ammonium à 2 %, le quatrième par les produits bouillis de la fermentation alcoolique, le cinquième par les mêmes produits non bouillis et le sixième par de la glycérine à 50 %. Tous les lots d'embryons ont été mis ensuite sous des cloches remplies de vapeurs de chloroforme.

Au bout de trois jours, les embryons du quatrième et du cinquième lot ont pris une couleur noire; une couleur noire, mais plus faible, a été constatée chez les embryons du premier lot. Les embryons du second et du troisième lot avaient aussi une couleur noire, mais encore plus faible. Enfin, les embryons du sixième lot restés incolores.

Expérience XXVI (1). — Des embryons de Blé ont été traités par les solutions de divers sels minéraux additionnés de toluol. Dans une autre série de lots on a ajouté aux sels minéraux et au toluol, de l'émulsine. Enfin, quelques lots d'embryons traités par l'eau ont servi pour le contrôle.

L'émulsine accélère, dans tous les cas, l'apparition et l'accumulation du pigment respiratoire.

Parmi les sels étudiés, une action stimulante a été produite sur la formation de ce pigment par l'iodure de potassium (solution à 15 %), le chlorure de magnésium (à 20 %), le sulfate de magnésium (de 5 à 15 %), le sulfate d'ammonium (à 5 %). Un ralentissement dans la formation du pigment respiratoire a été provoqué par le phosphate de potasse (à 20 %), le chlorure de calcium (à 20 %), le sulfate de cuivre (à 3 %), le bichlorure de mercure, l'azotate de cadmium (à 10 %).

Il est intéressant de remarquer que le chlorure de calcium, qui ralentit de beaucoup la formation du pigment respiratoire, accélère cette même formation en présence d'émulsine.

On voit donc que la formation du pigment respiratoire chez les embryons de Blé tués par le chloroforme (Expérience XXV) ou par le toluol (Expérience XXVI) est stimulée par certaines substances et elle est ralentie par d'autres. Il est important de remarquer que les produits de la fermentation alcoolique, riches en substances

(1) Cette expérience a été faite par M. Losinsky, un des élèves de M. Paladine.

oxydables, se trouvent parmi les stimulateurs de la formation des pigments respiratoires.

Expérience XXVII. — Des embryons de Blé ont été soumis à l'extraction par l'eau additionnée de toluol pendant 24 heures. L'extrait ainsi obtenu d'une couleur jaune faible, a été divisé en deux portions dont l'une a été bouillie. Chacune de ces portions a été divisée ensuite en trois parties, dont l'une a servi pour le contrôle. Nous avons ajouté à la seconde de ces parties de l'émulsine et à la troisième de l'émulsine et de la peroxydase.

Nous avons constaté qu'au bout de deux jours, l'extrait non bouilli avait une couleur jaune faible; ce même extrait, additionné par l'émulsine seule ou par l'émulsine et la peroxydase, avait pris une couleur brun foncé (19, latericius). L'extrait bouilli, additionné d'émulsine ainsi que d'émulsine et de peroxydase, avait une couleur brune, mais plus faible (18, testaceus) que l'extrait non bouilli.

Ce fait montre que l'ébullition de l'extrait diminue sensiblement la formation du pigment respiratoire. Cette diminution devient encore plus considérable dans le cas où les embryons sont mis à l'ébullition tout de suite après l'addition de l'eau. Dans ce cas, l'extrait reste incolore, même après l'addition d'émulsine et de peroxydase.

Un fait analogue a été constaté pour d'autres plantes. Le jus de la Betterave blanche, par exemple, qui s'oxyde très rapidement à l'air, reste indifférent après l'ébullition ; l'addition d'émulsine, de peroxydase ou de pancréatine ne changent en rien cette indifférence. L'ébullition diminue aussi de beaucoup la formation du pigment respiratoire dans l'extrait obtenu des tiges étiolées de *Vicia Faba.*

On peut penser, d'après tous ces faits, qu'un échauffement jusqu'à l'ébullition des extraits aqueux contenant les chromogènes respiratoires change profondément la constitution chimique de ces derniers et rend ainsi impossible la formation des pigments respiratoires. Mais il est probable aussi que cet échauffement détruit les substances qui stimulent la formation des pigments respiratoires produite par l'action sur les chromogènes de substances telles que l'émulsine et la peroxydase.

CONCLUSIONS

Les résultats de nos expériences montrent bien nettement que les recherches détaillées sur la nature de la peroxydase ainsi que sur le rapport existant entre cette diastase et les pigments respiratoires présentent beaucoup d'importance et d'intérêt pour la théorie de la respiration normale des plantes.

Les conclusions essentielles qu'on peut tirer de ces résultats sont les suivantes :

1° La distribution quantitative de la peroxydase dans les diverses parties du tissu végétatif coïncide exactement avec celle des pigments chromogènes respiratoires. Les parties de tissu riches en peroxydase renferment beaucoup de ces chromogènes et vice versa.

2° La peroxydase se trouve chez différentes plantes en divers états; chez certaines plantes, elle se trouve à l'état d'une diastase libre, tandis que chez les autres elle est fixée, comme c'est le cas pour les graines de Pois.

3° La quantité de peroxydase varie beaucoup chez les diverses plantes. Parmi les plantes étudiées, l'*Aspergillus niger* et les *Saccharomyces* sont les plus pauvres en peroxydase.

Il est très probable que les Levures sont capables de produire la fermentation alcoolique même en présence de l'air, précisément parce qu'elles renferment très peu ou peut-être ne renferment pas du tout de diastases oxydantes.

4° Les substances albuminoïdes empêchent le dégagement et la purification de la peroxydase; c'est pourquoi le choix des meilleurs procédés pour la préparation de cette diastase est déterminé par la quantité de matières azotées renfermées dans la partie de la plante prise pour l'expérience. Pour certains fruits, comme le melon d'eau, le potiron, etc., pauvres en substances albuminoïdes, c'est la précipitation par le bichlorure de mercure qui donne les meilleurs résultats. Mais ce même procédé est déjà moins utile pour les embryons de Blé et il ne donne que des résultats négatifs pour le Pois.

On peut appliquer, dans certains cas, la précipitation par le chlorure de baryum et l'hydroxyde de cuivre quand on veut purifier la peroxydase obtenue dans la dissolution.

Enfin, l'on peut employer la solution de chlorure de sodium pour extraire la peroxydase dans les cas où l'eau simple donne des résultats négatifs.

5° Le phosphate de potasse (K^2HPO_4) est un bon dissolvant de la peroxydase purifiée.

6° Les plantes renferment des substances qui peuvent stimuler les réactions de coloration qu'on emploie pour constater la présence de la peroxydase. Dans certains cas, ces substances peuvent être remplacées par l'acide acétique faible. La peroxydase pure ne donne pas de coloration avec l'aloïne; une décomposition préalable de cette dernière substance est nécessaire pour l'obtention d'une coloration.

7° Les procédés de mise en évidence des pigments respiratoires sont variables suivant les particularités spécifiques des plantes.

8° Une même substance agit différemment sur la formation des pigments respiratoires chez les diverses plantes. Par exemple, le chlorure de sodium, dans les solutions concentrées, empêche la formation de ces pigments dans les racines de la betterave blanche et il la ralentit seulement dans les embryons de Blé et les tiges étiolées de *Vicia Faba*. L'émulsine accélère, dans ces conditions, la formation du pigment respiratoire chez les embryons de Blé et l'empêche chez les tiges étiolées de *Vicia Faba*.

9° La formation du pigment respiratoire chez les embryons de Blé tués par le chloroforme ou par le toluol est stimulée par l'émulsine ainsi que par certains sels minéraux et elle est ralentie par d'autres sels. Le chlorure de calcium qui ralentit de beaucoup la formation du pigment respiratoire l'accélère en présence de l'émulsine.

10° Un échauffement jusqu'à l'ébullition des extraits aqueux contenant les chromogènes respiratoires change profondément la constitution chimique de ces derniers et il rend ainsi impossible la formation des pigments respiratoires. Mais il est très probable aussi que cet échauffement détruit les substances qui sont nécessaires pour la formation des pigments respiratoires par l'émulsine et la peroxydase.

LES ASCLÉPIADÉES APHYLLES
DANS L'OUEST DE MADAGASCAR

Par MM. H. JUMELLE et H. PERRIER DE LA BÂTHIE

Si presque toutes les Asclépiadées que nous voulons signaler dans ce Mémoire appartiennent au sud de Madagascar, ce n'est pas que la flore xérophile qu'elles contribuent à représenter soit strictement spéciale à la partie méridionale de l'île. Ainsi que nous l'avons déjà écrit ailleurs (1), c'est à tort qu'on croit souvent localisées dans le sud les plantes à tige ventrue ou cactiformes, telles que les *Adansonia*, les *Pachypodium*, les *Ophiocaulon*, certains *Vilis*, et les plantes grasses comme les Crassulacées; tous ces végétaux se retrouvent dans tous les états secs de l'Ouest, et il y a, par exemple, une extraordinaire similitude d'aspect entre la flore des bois des grès du Tsaramborana, au Nord, celle des bois de l'Isalo, sur l'Onilahy, et celle encore des broussailles du plateau mahafaly. Diverses espèces, comme l'*Adansonia madagascariensis* et l'*Ophiocaulon firingalavense*, se retrouvent ainsi de l'extrême-nord à l'extrême-sud; et il n'y aura donc pas lieu d'être surpris que nous ayons à rappeler ici les noms de quelques Asclépiadées sans feuilles que, dans un travail antérieur (2), nous avons déjà mentionnées dans le Nord-Ouest.

Il n'en est pas moins vrai que, sous l'influence du climat, c'est surtout au-dessous de l'Onilahy qu'apparaît cette végétation étrange

(1) H. Jumelle et H. Perrier de la Bâthie: *Les Plantes à caoutchouc de l'ouest et du sud-ouest de Madagascar*. (L'Agriculture pratique des Pays chauds, 1911).

(2) H. Jumelle et H. Perrier de la Bâthie: *Notes biologiques sur la végétation du nord-ouest de Madagascar; les Asclépiadées*. (Annales du Musée colonial de Marseille, 1908).

qui est celle aussi des bassins de la Linta et du Menarandra, ainsi que de l'Androy.

Les pluies, en toute cette contrée, s'espacent de février à septembre, mais sont très rares, et le sol est si peu arrosé qu'il est dépourvu des Graminées vivaces qui, plus au Nord, couvrent l'ouest. Cette extrême sécheresse explique, au reste, que ce pays ait été, de toute l'île, le dernier habité; il ne l'est que par les tribus que des défaites successives y ont refoulées. Et cette apparition tardive de l'homme est peut-être, à son tour, une des principales causes pour lesquelles l'*Æpyornis* et les Hippopotames n'auraient disparu dans le sud qu'à une époque plus récente que dans tout le reste de Madagascar. Le fait a bien été attribué à un desséchement progressif et relativement peu ancien des nombreuses cuvettes lacustres de la région, mais, outre que les preuves données en faveur du peu d'ancienneté du climat sec du pays mahafaly ne sont pas absolument convaincantes et sont ébranlées par divers faits qui constituent plutôt des preuves contraires, il est à remarquer qu'il est des endroits, tels que les bords du lac Manampetsa, où les grands animaux de jadis pourraient encore vivre aujourd'hui. Il nous paraît plus vraisemblable que, quelque cause biologique encore inconnue les ayant livrés sans défense à l'homme — le plus féroce, et, en définitive, le mieux armé de tous les êtres — *Æpyornis* et Hippopotames aient trouvé pendant quelque temps dans les solitudes du sud un dernier refuge que l'indigène finalement vint envahir.

Quoi qu'il en soit, c'est à la sécheresse actuelle de la contrée qu'est due la flore qui la caractérise, et dans laquelle les Asclépiadées sont représentées par de nombreuses espèces grimpantes et aphylles, dont l'étude nous paraît présenter un double intérêt.

Au point de vue biologique, nous allons voir comment des plantes bien distinctes par leurs caractères floraux acquièrent cependant, sous certaines conditions de milieu, une extraordinaire ressemblance d'aspect.

Au point de vue botanique, la comparaison de toutes ces Cynanchées — car, avec leurs pollinies pendantes, toutes nos Asclépiadées rentrent dans cette tribu — nous fournit l'occasion de reviser quelques genres mal connus, et dont certains n'ont été admis qu'avec réserve. K. Schumann, par exemple, dans le *Pflanzenfamilien*,

remarque que le genre *Vohemaria* ne devrait probablement pas être séparé des *Cynanchum*; Baker, dans la *Flora of Mauritius*, soupçonne — à tort, d'ailleurs — une confusion entre le *Decanema Bojerianum* et le *Sarcostemma viminale*. Sa supposition s'explique par cette idée fausse, qu'on relève dans le *Pflanzenfamilien*, qu'il y aurait deux couronnes dans les *Decanema* comme dans les *Sarcostemma*.

Les Cynanchées que nous allons étudier appartiennent aux genres *Cynanchum*, *Vohemaria*, *Decanema*, *Fololsia*, *Prosopostelma*, *Sarcostemma*, *Drepanostemma* et *Mahafalia*, dont les deux derniers sont nouveaux; et nous pouvons tout de suite rapidement, sous la forme suivante, résumer les principaux caractères distinctifs de ces genres, tels qu'ils se présentent, du moins, dans les espèces dont nous nous occupons ici :

I. — La couronne est simple.

I' Ses lobes sont plus ou moins hautement soudés et elle est à paroi droite ou ondulée.

A) La paroi est droite ou ondulée; si elle est ondulée, les ondulations internes sont toujours oppositisépales. Les lobes, les dents les plus grandes ou les filaments les plus longs sont aussi oppositisépales. . *Cynanchum*.

B) La paroi est droite ou ondulée; si elle est ondulée, les ondulations internes sont oppositisépales ou oppositipétales. Les lobes, les dents les plus grandes ou les filaments les plus longs sont oppositipétales.

a) Les lobes sont plus ou moins hautement soudés.

1° La couronne est ondulée et les ondulations internes sont oppositipétales . . . . . *Fololsia*.

2° La couronne est ondulée ou droite, mais, dans le premier cas, les ondulations internes sont oppositisépales (comme chez les *Cynanchum*).

1 *a* La couronne est fortement ondulée, et il y a au moins cinq longs filaments oppositipétales, alternes avec d'autres filaments ou des dents. . . . . *Decanema*.

1 *b* La couronne est à peu près droite et à dents convexes oppositipétales . . . . . *Mahafalia*.

b) La couronne est très profondément divisée, et les lobes sont très nettement oppositipétales . . *Prosopostelma.*

I'' Les cinq lobes sont séparés et adnés aux étamines *Drepanostemma*).

II. — La couronne est double . . . . . *Sarcostemma.*

On remarquera que nous n'avons pas indiqué dans ce tableau les *Vohemaria*; la raison en est qu'il nous semble bien que K. Schumann avait raison lorsqu'il doutait de la valeur réelle de ce genre, quoique nous l'ayons nous-même adopté tout d'abord (1) en plaçant à côté de l'espèce *Vohemaria Messeri* de Buchenau notre *Vohemaria implicata* (que nous avions appelé auparavant aussi *Sarcostemma implicatum*). Aucun caractère réel ne sépare la couronne de ces *Vohemaria* de celle des *Cynanchum*. Sur les 15 filaments qui la surmontent dans le *Vohemaria implicata*, il en est bien 5 qui sont plus rapprochés que les 10 autres des étamines, et cela est surtout net dans la fleur fraîche, mais cette disposition ne correspond, en somme, qu'à celle qu'on retrouve chez les *Cynanchum* dont la couronne est plissée, les plissements internes étant également, nous le savons, en face des étamines. D'autre part, il est des *Cynanchum* chez lesquels les lobes alternes (c'est-à-dire oppositipétales) de la couronne ressemblent plus ou moins à ceux du *Vohemaria Messeri*. Dans une de nos Asclépiadées aphylles entre autres (celle que nous appellerons plus loin *Cynanchum mahafalense*), la fleur est bien celle du genre *Cynanchum* et les lobes alternes sont de petites languettes bidentées ou tridentées; que ces mêmes lobes soient un peu plus profonds et plus nettement bifides, et c'est, dans l'ensemble, la couronne de *Vohemaria Messeri*. Quant au *Vohemaria implicata*, si nous remarquons qu'il y a un intervalle un peu plus grand entre deux filaments externes voisins qu'entre chaque filament externe et le filament interne auquel il est contigu, nous pouvons admettre que la couronne est formée de cinq pièces oppositisépales (c'est-à-dire disposées normalement), soudées dans leur partie large et surmontées chacune de trois filaments, dont le médian un peu rentrant est accolé à l'étamine correspondante. Il y aurait bien chez le *Vohemaria*

(1) H. Jumelle et H. Perrier de la Bâthie : *Une Asclépiadée sans feuilles et une Asclépiadée à tubercules du nord-ouest de Madagascar*. (Revue générale de Botanique, 1909).

Messeri tel que l'a décrit Buchenau un autre caractère dont il importerait de tenir compte : c'est l'absence d'une grande membrane surmontant l'anthère. Mais, en admettant même cette absence totale (1), il faut encore noter que notre *Cynanchum mahafalense* a une membrane large, mais très peu haute, et que notre ancien *Vohemaria implicata* (ou *Cynanchum implicatum*) a cette même membrane si basse et si réduite qu'elle se confond, dans la fleur sèche, avec le bord du stigmate et que sa présence avait tout d'abord échappé à notre examen, non seulement sur la fleur desséchée, mais même sur la fleur fraîche. Par leurs divers caractères, et, en particulier encore par la forme, la disposition et la longueur des caudicules, ces trois espèces (*C. Messeri*; *C. implicatum*; *C. mahafalense*) sont voisines et ne peuvent être rapportées à des genres différents; or, l'espèce *mahafalense* étant très nettement un *Cynanchum*, il nous faut bien faire rentrer nos trois plantes dans ce vaste genre.

Si nous avons ainsi supprimé le genre *Vohemaria*, on a vu que nous avons conservé, par contre, le genre *Decanema*, créé par Decaisne pour le *Decanema Bojerianum*; nous n'avons toutefois pas admis la double couronne par laquelle on a l'habitude de le caractériser. En fait, sur des fleurs sèches, dans lesquelles la couronne a pu être aplatie et déformée, on peut croire, à première vue, qu'il est deux verticilles de languettes plus ou moins séparés, et tels qu'ils sont représentés dans la figure donnée par Decaisne en 1838 (2) et reproduite, avec une aggravation d'erreur, dans le *Pflanzenfamilien*; mais, sur des fleurs conservées dans le formol, il est aisé de reconnaître qu'il n'y a exactement qu'une seule couronne très ondulée, chacune des ondulations externes et internes étant surmontée d'un filament. Au reste, c'est ce que disait expressément Decaisne dans

(1) Nous ne possédions malheureusement qu'une fleur de *Vohemaria Messeri*. Son examen, complété et confirmé par les caractères que l'un de nous avait déjà relevés sur place, ne pouvait nous laisser de doute qu'il s'agissait bien de l'espèce de Buchenau, mais nous ne pouvons plus rechercher aujourd'hui si réellement la membrane de l'anthère fait complètement défaut, ou si, en raison de sa réduction, elle n'est pas passée inaperçue de Buchenau, comme il nous est arrivé pour celle de *C. implicatum*. Et non seulement ces membranes, dans ces espèces, sont réduites, mais elles se détachent plus facilement que d'ordinaire des anthères, lorsqu'on écarte celles-ci du stigmate.

(2) Decaisne : *Sur quelques genres et espèces de la famille des Asclépiadées*. (Annales des Sciences Naturelles, 1838).

le texte de son Mémoire (*loc. cit.*), car il décrit une couronne qui « se compose d'une membrane à dix lobes, terminés chacun par une languette linéaire dépassant la corolle; les lobes correspondant aux cinq angles rentrants sont plus courts, et les languettes dont ils sont surmontés n'atteignent au plus que le milieu de celles appartenant à la rangée externe. » C'est donc bien une couronne plissée de *Cynanchum*; mais ce qui, pour nous, justifie le maintien du genre, c'est un autre caractère que nous n'avons observé dans aucun des *Cynanchum* que nous connaissons, et que nous ne voyons, non plus, jamais indiqué pour les nombreuses espèces du genre décrites dans les divers ouvrages : ce sont les filaments des ondulations externes, c'est-à-dire oppositipétales, qui sont plus longs que ceux des ondulations internes oppositisépales. Et la différence de longueur de ces deux sortes de filaments, relativement faible chez le *Decanema Bojerianum*, atteint son maximum dans une espèce des dunes de la côte mahafaly chez laquelle les ondulations externes seules sont surmontées de véritables filaments, tandis que les ondulations internes ne sont terminées que par de petites dents triangulaires aiguës, réfléchies vers le gynostège. Cette seconde espèce, qui se rapproche encore de celle de Decaisne par son stigmate conoïde et par la membrane obcordée de l'anthère (alors que dans nos *Cynanchum* malgaches cette membrane est à sommet arrondi), sera le *Decanema luteifluens*, que nous nommons ainsi (1) en raison de la couleur jaune un peu verdâtre de son latex.

Un genre peut-être plus net encore que le genre *Decanema* est le genre *Folotsia*, créé en 1908 (2) par MM. Costantin et Bois. Considérée isolément, indépendamment de sa position par rapport aux autres parties de la fleur, la couronne des *Folotsia* serait une couronne de *Cynanchum*, car elle est simple, ondulée, avec dix filaments dont les plus longs correspondent aux ondulations internes. Mais, en place, elle a ce caractère de *Decanema* que ce sont les filaments oppositipétales qui ont la plus grande longueur. Cette combinaison de deux caractères différents des deux genres précédents, et caractères

(1) ***Decanema luteifluens*** : Rami graciles striati. Flos luteolus; petalis oblongis, coronâ sinuosâ, filamentis exterioribus oppositipetalis, dentibus interioribus oppositisepalis, antherae membranâ obcordatâ, stigmate conico.

(2) Costantin et Bois : ***Folosty et Voharanga, deux Asclépiadées nouvelles de Madagascar.*** (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, juillet 1908).

qui paraissent pourtant tout d'abord s'exclure mutuellement, est due à ce que *les ondulations internes de la couronne, qui sont oppositisépales dans les Cynanchum et les Decanema sont oppositipétales dans les Fololsia.* Dans le nouveau genre ainsi compris nous devons faire rentrer dès lors notre ancien *Decanema grandiflorum*, que nous avions décrit avant que le genre *Fololsia* fût créé par MM. Costantin et Bois pour le *Fololsia sarcostemmoides.*

Notre *Fololsia grandiflorum* de l'Ambongo ne peut, du reste, être confondu avec le *Fololsia sarcostemmoides* de Tuléar. Les languettes oppositipétales semblent, en se repliant vers l'extérieur, être en fer de flèche dans ce *F. sarcostemmoides*; leur base, au lieu de s'abaisser, se relève en deux petites pointes latérales dans le *F. grandiflorum.* En outre, dans cette dernière espèce, les sépales sont plus courts par rapport à leur largeur que dans la première; les pétales sont plus étroits (6 mm. sur 2 au lieu de 5 mm. sur 3), et le stigmate, tout en étant cylindrique et bien saillant au-dessus des étamines, est moins long. Dans les deux espèces, la membrane de l'anthère est obcordée et à extrémité aiguë, comme dans les *Decanema.*

Au sujet de leur *Fololsia sarcostemmoides*, MM. Costantin et Bois disent que les pédicelles floraux sont grêles et atteignent jusqu'à 2 centimètres; il en est bien ainsi sur les exemplaires récoltés par l'un de nous à Ampotaka, sur les alluvions du Menarandra; mais sur d'autres échantillons cueillis sur le plateau calcaire mahafaly, et dont les fleurs sont bien les mêmes, et correspondent même mieux encore à la description des créateurs du genre, ces pédicelles sont beaucoup plus courts. Le stigmate de ce *Fololsia* est rose.

Il n'y a plus d'ondulations correspondant à toute la hauteur de la couronne, mais seulement des plissements marginaux, dans notre nouveau genre *Mahafalia*, que nous établissons pour une liane du plateau mahafaly qui n'est pas l'espèce qui, dans cette étude, nous a le moins embarrassés. La couronne en serait encore, en somme, une couronne de *Cynanchum*, pourvue même intérieurement, en face des étamines, de cinq ligules oppositisépales, et, par conséquent, occupant la position normale de ces formations. Mais, alors que, d'ordinaire, dans les *Cynanchum*, ces ligules sont accolées aux lobes qui sont les mieux marqués, et qui se trouvent eux-mêmes en face des sépales, c'est ici la disposition contraire. La couronne, plus courte

que la corolle, est presque entière; elle présente cependant cinq petites dents oppositipétales qui, en repliant intérieurement leurs bords et en plissant, par contre-coup, le sommet de la couronne dans leurs intervalles, c'est-à-dire en face des sinus corollaires, constituent comme cinq lobes extérieurement convexes, se rabattant vers le gynostège. Et c'est donc entre ces cinq lobes que se trouvent les ligules, dont la partie libre, obtuse, fortement réfléchie intérieurement, est recouverte par le petit plissement interne du bord de la couronne, plissement dont nous venons de dire la cause. Nous sommes d'autant plus gênés pour ramener aux *Cynanchum* la fleur dont la couronne offre cette organisation qu'il est une liane à grandes fleurs des dunes de la côte mahafaly (notre *Cynanchum macranthum*) chez laquelle la couronne, avec un dispositif inverse, sera exactement la couronne ordinaire du genre. Chez cette espèce aussi, en effet, la couronne, plus basse que la corolle, se termine par cinq dents convexes rabattues vers le gynostège et accentuées par les plissements latéraux de leurs bases; mais ces dents sont là oppositisépales, et ce sont elles qui recouvrent les ligules, qui ont à peu près leur hauteur.

Il y a donc, au point de vue de la position des dents, entre ce *Cynanchum* normal et l'autre liane une différence en somme de même ordre qu'entre les ondulations internes des *Fololsia* et celles des *Cynanchum*, qui sont les unes oppositipétales et les autres oppositisépales. Ajoutons que notre *Mahafalia* offre par ailleurs quelques caractères spéciaux; le rétinacle notamment est bordé inférieurement par une petite membrane plus ou moins arrondie qui rejoint latéralement à sa base la naissance des deux caudicules; et ceux-ci se raccordent obliquement à des pollinies convexes extérieurement, planes intérieurement, longuement rétrécies à leur sommet (ressemblant, par suite, vaguement à celles qui sont figurées pour certaines Gonolobées américaines dans le *Pflanzenfamilien*). Nous croyons, pour ces diverses raisons, devoir placer dans un genre spécial cette liane que nous nommerons *Mahafalia nodosa* (1), et dont le fruit est un follicule verruqueux.

(1) *Mahafalia nodosa*: Rami crassi (1 cm.), nodosi, saepe rugosi. Flos viridis. Petalis triangulis, obtusis, 6 mm. longis, basi (2 mm.), concrescentibus; 5 dentibus coronae margine vix plicatae triangulis convexis, oppositipetalis; 5 sinibus interioribus alternantibus ligulam obtusam protegentibus; polliniis piriformibus; retinaculo basi parum marginato; stigmate fere plano.

Pour une autre liane qui croît avec le *Fololsia sarcostemmoides* sur les bords du Menarandra nous ne créerons pas de terme générique nouveau ; nous nous croyons autorisés à reprendre un nom donné par Baillon à deux plantes de l'Afrique occidentale qui n'ont jamais été décrites ni même désignées spécifiquement, mais pour lesquelles Baillon a dit du moins qu'elle se séparent des *Cynanchum* par la position oppositipétale de leurs cinq grands lobes coronaires. Or, la couronne de notre liane est composée de cinq grandes pièces ovales triangulaires (3 mm. sur 1 mm. 5), obtuses, soudées seulement à la base, et se rapprochant en cône au-dessus du gynostège qu'elles cachent complètement ; et ces grands lobes sont exactement en face des pétales. Nous remarquons, en outre, que K. Schumann place les *Prosopostelma* parmi les Glossonémées, chez lesquelles le gynostège est souvent allongé ou même pédicellé ; et précisément, d'autre part, notre liane est encore caractérisée par la longueur de sa colonne centrale, qui s'élargit au sommet en un stigmate presque plan. C'est donc une seconde raison pour rattacher la plante aux *Prosopostelma*, voisins des *Solenostemma* ; ce sera le *Prosopostelma madagascariensis* (1).

Quant à cet autre genre que nous avons nommé plus haut *Drepanostemma*, il se rapprocherait peut-être des *Sarcostemma*, car les pièces coronaires sont accolées aux étamines comme les lobes de la couronne intérieure de ces *Sarcostemma*, mais il n'y a pas la moindre ébauche d'une couronne externe, et les pièces de l'unique couronne semblent indépendantes les unes des autres, chacune étant une petite languette obtuse, épaisse, en forme de faux, adhérente au dos de l'étamine, comme dans divers *Secamone*. Ce *Drepanostemma luteum* (2), à fleurs jaune soufre, est une liane à rameaux lisses, grêles et peu noueux, des dunes de la côte mahafaly, des sables

(1) *Prosopostelma madagascariensis* : Rami (5-7 mm.) virides, luteo maculati, internodis 15-60 mm. longis. Flos luteolofuscus, suaveolens. Petalis triangulis, angustis, fere liberis, obtusis, 4 mm. longis, 2 mm. 5 basi latis, extra reflexis; 5 lobis coronae triangulis, parum acutis, vix concrescentibus, oppositipetalis; antherae membranâ magnâ, obcordatâ; stigmate non multum rotundo; gynostegio elato.

(2) *Drepanostemma luteum* : Rami (5 mm.) neque striati aut rugosi, parum nodosi. Corolla fere *Sarcostemmae*, lutea. Coronae 5 foliolis distinctis, crassis, obtusis, falciformibus, dorso staminum adnatis; antherae membrana obcordatâ; stigmate parum conico.

de la Linta, et des gneiss des environs d'Ampanihy. Les pétales, de 3 mm. 5 sur 2 mm. 5, sont ovales, triangulaires, obtus, soudés seulement à la base; les caudicules sont presque droits, avec pollinies plan-convexes; le stigmate est faiblement conique; la membrane terminant l'anthère est vaguement obcordée.

En dehors des espèces précédentes, auxquelles il faut ajouter le *Sarcostemma viminale*, que nous avons déjà autrefois signalé sur le plateau d'Ankara, mais que nous retrouvons sur les gneiss d'Ampanihy, toutes les autres Asclépiadées aphylles que nous connaissons appartiennent au genre *Cynanchum*, compris au sens large où le comprend K. Schumann dans le *Pflanzenfamilien*. Nous avons d'ailleurs déjà mentionné plus haut le *Cynanchum macranthum*, le *Cyn. Messeri*, le *Cyn. implicatum* et le *Cyn. mahafalense*, chez lesquels la couronne est ligulée (*Cyn. macranthum*) ou dépourvue de ligule (*Cyn. Messeri*, *Cyn. implicatum*). Nous retrouvons une ligule sur la couronne des *Cyn. menarandrense*, *macrolobum* et *bisinuatum*; elle manque sur la couronne des *Cyn. ampanihense*, *edule*, *arenarium* et *radiatum*.

Dans le *Cynanchum menarandrense*, les cinq lobes oppositisépales (1) sont ovales, obtus, soudés à la base et courbés vers le gynostège; et leurs cinq ligules, deux ou trois fois plus étroites, et ciliolées, sont élargies au sommet, qui est légèrement échancré. Lobes et ligules sont de consistance charnue, ainsi que les pétales, qui sont triangulaires, aigus, longs de 3 mm., brièvement soudés.

Cette consistance de la corolle et de la couronne est un caractère que nous retrouvons chez le *Cynanchum macrolobum* (2), qui se rapproche encore de l'espèce précédente par son stigmate conique, obtus, dépassant les lames des anthères, alors que dans tous nos

(1) *Cynanchum menarandrense* : Rami graciles. Inflorescentiae axis 1 cm. longus. Flos suaveolens. Petalis triangulis, acutis, 3 mm. longis, breviter concrescentibus; coronae lobis crassis, ovatis, obtusis, basi coalitis; ligulis ciliolatis apice latis, parum emarginatis; antherae membranâ rotundâ, stigma conicum obtusumque superante.

(2) *Cynanchum macrolobum* : Dumus, ramis verrucosis necne, 20-40 cm. altus. Petalis fuscis, 5 mm. longis, triangulis, obtusis, basi (2 mm.) concrescentibus; coronae lobis 5 basi pariter coalitis, truncatis, denticulatis; in sinibus, 5 minimis dentibus setiformibus, parum extra interjectis; ligulis quam lobi angustioribus, ciliolatis, apice emarginato denticulatis; antheræ membranâ rotundâ, sed apice abrupte acuminatâ, stigma conicum superanti.

autres *Cynanchum* ce stigmate est plutôt plan; mais il n'y a pas à confondre par ailleurs le *Cynanchum menarandrense*, qui est une liane, et le *Cynanchum macrolobum*, qui est un petit buisson de l'Isalo. Dans ce *Cynanchum macrolobum*, la couronne, aussi haute que la corolle (7 mm.), est composée de cinq grands lobes à sommet tronqué et dentelé, soudés sur une hauteur de 2 mm. et doublés par des ligules un peu plus étroites, ciliolées, dentelées, un peu échancrées supérieurement; en outre — ce qu'on ne remarque pas sur la couronne plus petite et à lobes obtus mais non tronqués du *Cynanchum menarandrense* — il y a aux sinus, et un peu extérieurement, cinq petits piquants.

Bien curieuse et très caractéristique est la couronne du *Cynanchum bisinuatum* (1) d'Ampanihy. Ses lobes, un peu plus courts que la corolle, sont profondément bifides, ainsi que les ligules, mais l'échancrure de celles-ci est placée plus haut que l'échancrure des lobes auxquels elles sont attenantes, de telle sorte que extérieurement on aperçoit aisément derrière chaque pièce coronaire principale, et entre les deux dents, une languette sensiblement de même forme.

Chez le *Cynanchum ampanihense*, les lobes coronaires, soudés jusqu'à la moitié à peu près de leur hauteur (2), ne se rétrécissent pas au sommet, qui est tronqué, irrégulièrement et légèrement dentelé, et brusquement surmonté d'un filet médian.

La couronne du *Cynanchum edule*, bien différente (3), est entière et ondulée; les ondulations externes oppositipétales sont arrondies, et les ondulations internes oppositisépales se terminent chacune par une petite dent triangulaire, dirigée vers le gynostège.

Le *Cynanchum arenarium* est une espèce de Madirovalo que nous avons déjà décrite ailleurs, et nous avons dit que ses lobes sont bifides mais sans ligule.

(1) *Cynanchum bisinuatum*: Petalis angustis, triangulis; coronae lobis ligulisque valde bifidis; antherae membranâ rotundatâ; stigmate plano.

(2) *Cynanchum ampanihense*: Petalis oblongis, obtusis vel parum acutis, 3 mm. longis, basi (0 mm. 5) concrescentibus; coronae foliolis usque ad medium coalitis, apice truncatis, denticulatis, dente mediâ filiformi; antherae membranâ rotundatâ; stigmate plano.

(3) *Cynanchum edule*: Rami graciles (2-3 mm.). Flos viridis; petalis ovatis parum acutis, 2 mm. 3 longis, basi (0 mm. 5) concrescentibus; coronâ integrâ, margine undulatâ, parvis dentibus oppositisepalis praeditâ; antherae membranâ rotundatâ; stigmate plano. Fructus edulis.

Enfin, dans le *Cynanchum radiatum* (1), la couronne vue d'en haut paraît radiée; et cet aspect est dû à ce que cette couronne, en face des pétales, se plisse extérieurement en cinq angles très saillants, aigus, le bord supérieur étant presque droit, sauf à l'angle même, où il se relève en une légère dent recourbée intérieurement. En face des sépales, et au fond des replis de la couronne, sont des lobes courts, obtus, réfléchis extérieurement, qui alternent ainsi avec ces cinq saillies anguleuses.

Nous avons insisté, pour toutes ces Cynanchées, sur le caractère de la couronne parce qu'ils sont, en somme, ceux qui, dans toutes ces plantes aphylles, nous paraissent permettre de séparer le plus nettement les espèces et les genres. Le calice est, au contraire, à cet égard, sans grand intérêt; il est toujours constitué par des sépales très petits, plus ou moins triangulaires, atteignant à peine les sinus des lobes corollaires. Les pétales sont aussi, la plupart du temps, plus ou moins semblables, soudés seulement à la base, triangulaires ou lancéolés, plus souvent obtus qu'aigus, glabres; par exception, ceux du *Cynanchum mahafalense* et du *Cynanchum Messeri* sont pubescents intérieurement. Par rapport à la hauteur totale de la corolle, c'est en particulier dans les *Cynanchum Messeri*, *implicatum* et *mahafalense* — qui, on le voit, se rapprochent à divers points de vue — que la concrescence est relativement prononcée (1 mm. 5 pour une hauteur totale de 3 mm. 5 dans le *Cynanchum mahafalense*; 3 mm. pour 7 mm. dans le *Cynanchum implicatum*; 2 mm. 5 pour 6 mm. 5 dans le *Cyn. Messeri*).

En général, toutes ces fleurs sont de faibles dimensions; les plus grandes sont celles du *Cynanchum macranthum* (10 mm.), du *Cyn. implicatum* (6 mm. 5), du *Fololsia sarcostemmoides* (5 à 6 mm.), du *Fololsia grandiflorum* (7 mm.).

La membrane de l'anthère, obcordée dans les *Fololsia*, les *Decanema*, le *Prosopostelma*, le *Sarcostemma* et le *Drepanostemma*, est plutôt arrondie dans les *Cynanchum*, celle du *Cynanchum macro lobum* étant toutefois brusquement acuminée.

Les caudicules sont larges, courts, et presque horizontaux ou

(1) *Cynanchum radiatum* : Rami striatuli 3-4 mm. diam. Flos nigro-viridis. Petalis triangulis, acutis, 4 mm. longis, basi (1 mm. 5) concrescentibus; coronae contra petala angulose exstantis lobis brevibus, obtusis, extra inflexis, oppositisepalis; antherae membranâ rotundatâ; stigmate plano.

légèrement obliques dans les *Cynanchum macrolobum*, *menarandrense*, *macranthum* (1), *ampanihense*, *bisinuatum*, *edule*, *radiatum*, et les genres *Decanema*, *Fololsia*, *Prosopostelma* et *Drepanostemma*; nous avons dit ce qu'ils sont chez le *Mahafalia nodosa*; chez le *Sarcostemma viminale*, ils sont d'abord droits, puis recourbés vers le bas; ils sont longs, grêles et très obliques chez le *Cynanchum mahafalense* (2) et le *Cynanchum implicatum*.

Chez les *Cynanchum*, le stigmate est presque toujours plan ou légèrement bombé; il n'est conique que chez le *Cynanchum macrolobum* et le *Cynanchum menarandrense*; il est aussi conique chez les *Decanema* et le *Drepanostemma*; il s'allonge encore plus et devient presque cylindrique chez les *Fololsia*; il redevient plan ou peu bombé chez le *Prosopostelma* et le *Mahafalia*.

Et c'est après cet examen comparatif de toutes nos Cynanchées, au point de vue de leur morphologie florale, que l'influence prédominante du milieu nous va clairement apparaître, non seulement parce que toutes ces plantes se ressemblent plus ou moins, convergeant vers une forme commune, mais encore parce que les quelques différences d'aspect qu'elles peuvent présenter n'offrent pas nécessairement de concordance exacte avec les différences génériques.

Une seule espèce peut même parfois, d'une localité à l'autre, offrir presque des dissemblances plus grandes que celles qu'on relèvera, d'autre part, entre espèces distinctes. Nous connaissons, par exemple, deux formes du *Cynanchum macrolobum* la seule Asclépiadée non grimpante que nous décrivons ici. Ce *Cynanchum macrolobum*, à corolle brunâtre et à couronne très blanche, est toujours un petit buisson à rameaux courts et dressés, ne dépassant pas 40 centimètres de hauteur; mais tantôt, sur des pieds atteignant au plus 20 centimètres, ses rameaux sont relativement épais (6 mm. de

(1) *Cynanchum macranthum* : Rami non striati, ad nodos inflati, albidi, verrucosi. Flos fusco-viridis extra, fuscus intus. Petalis 10 mm. longis, basi (3 mm.) concrescentibus, lanceolatis, obtusis, convexis; coronae 5 dentibus oppositisepalis, convexis, intusque ligulis aequilongis, oblongis; antherae membranâ rotundatâ; stigmate umbonato.

(2) *Cynanchum mahafalense* : Rami graciles, non striati; alti rugosi. Flos albus. Petalis 3 mm. 5 longis, fere usque ad medium (1 mm. 5) concrescentibus, intus pubescentibus, apice inflexis; coronae lobis oppositisepalis ovatis, obtusis, crenatis, lobis oppositipetalis brevioribus angustioribusque, bi vel tridentatis; antherae membranâ rotundatâ; stigmate plano.

diamètre) et fortement verruqueux et tantôt, sur d'autres pieds, qui peuvent avoir jusqu'à 40 centimètres, les branches sont plus grêles et sans verrues, en même temps que les inflorescences sont plus courtes et plus fournies. D'ailleurs, à ne considérer que la fleur, il est bien de toute impossibilité d'admettre deux espèces, car la couronne, avec ses petits piquants, au niveau des sinus, la forme et consistance de ses lobes et de leurs ligules, est très spéciale et absolument caractéristique.

Et nous pouvons, par contre, constater maintenant de moindres différences entre des lianes dont les fleurs sont pourtant bien distinctes. Ceci sera surtout frappant si nous relevons les notes prises par l'un de nous au moment où il récoltait ces échantillons, sans se préoccuper des détails floraux, et en désignant seulement tous les spécimens par des lettres.

Sur le plateau calcaire mahafaly, la liane B, qui a des fleurs verdâtres et la couronne blanche, a des rameaux épais (1 cm. de diamètre), souvent flétris, noueux; C, à fleurs également verdâtres, lui ressemble beaucoup, mais les rameaux sont plus courts. n'ont pas plus de 6 mm. de diamètre, divariquent à angle droit, et sont flétris, mais striés; D ne diffère que par ses rameaux plus fins et plus finement striés, par sa corolle plus grande et d'un vert plus foncé; E, à corolle et à couronne blanches, est moins rameux, à branches un peu plus grêles, flétries lorsqu'elles sont âgées, brunâtres et cylindriques lorsqu'elles sont jeunes, non striées.

Or B est le *Mahafalia nodosa*, C et D sont le *Decanema Bojerianum*, E est le *Cynanchum mahafalense*.

Sur les bords du Menarandra, M', qui croît à Ampotaka dans les alluvions, a le port de M, trouvé sur les gneiss d'Ampanihy, mais les pédicelles floraux sont plus longs; P, également d'Ampotaka, et dont les fleurs, à corolle brun jaunâtre, ont l'odeur de la rose, a le même port, mais est plus petit, avec des rameaux lisses, très verts, finement piquetés de jaune, à entre-nœuds de 15 à 60 millimètres de longueur et 5 à 6 millimètres de diamètre; S, qui pousse sur les gneiss, lui ressemble beaucoup et n'en paraît différer que par ses rameaux plus minces, l'axe de l'inflorescence plus allongé (1 cm.), et les fleurs plus petites et moins odorantes.

Or M et M' sont le *Fololsia sarcostemmoides*. P est le *Prosopostelma madagascariensis*, S est le *Cynanchum menarandrense*, dont les

fleurs charnues se rapprochent, d'autre part, à plusieurs égards, comme nous l'avons vu plus haut, de celles de *Cynanchum macrolobum.*

Ce sont, au reste, des caractères plus ou moins analogues que présentent, dans leur facies général, les autres espèces.

Le *Drepanostemma luteum*, à fleurs jaune soufre, est à rameaux lisses, ni flétris, ni striés, peu noueux, ne dépassant pas 5 mm. de diamètre. C'est une liane des dunes de la côte mahafaly, des sables de la Linta, et des gneiss des environs d'Ampanihy.

Le *Decanema luteifluens*, des dunes de la côte mahafaly, à corolle jaune ou vert-jaunâtre, a des rameaux striés, ayant au plus 4 millimètres de diamètre.

Chez le *Cynanchum macranthum*, de la même région, à corolle vert-brunâtre extérieurement et brune intérieurement, les rameaux ne sont pas striés, mais ils sont renflés aux nœuds, à surface blanchâtre, verruqueuse.

Dans le *Cynanchum radiatum*, de la Linta, à corolle vert-noirâtre, il y a des stries légères sur les rameaux, qui ont de 3 à 4 mm. de diamètre.

Le *Cynanchum edule*, du plateau calcaire mahafaly, où il est appelé *rangankibo*, est à port très grêle, avec des rameaux flétris minces (2 à 3 mm. de diamètre), bruns, finement striés, et maculés de sombre. La corolle est verte et la couronne brune.

Enfin également flétris, mais non striés, sont les rameaux du *Sarcostemma viminale*, qui ont un diamètre de 4 à 5 millimètres et sont renflés aux nœuds comme dans diverses espèces précédentes. Les fleurs de ce *Sarcostemma viminale* sont de couleur un peu variable. Brown, dans le *Flora of tropical Africa*, les indique comme étant gris-blanchâtre ou jaunes, et, en effet, à Madagascar, celles des lianes de l'Ankara sont blanchâtres, tandis que celles des gneiss d'Ampanihy sont jaune soufre, comme celles de *Drepanostemma luteum.*

Au sujet de cette coloration des fleurs, on remarquera que c'est presque toujours une teinte verte, brunâtre ou jaunâtre que présente la corolle, qui est beaucoup plus rarement blanche, comme dans le *Cynanchum mahafalense* ou certains *Sarcostemma viminale.*

En définitive, tout concourt donc bien — puisque les variations autres que celles de la structure florale intime ne concordent pas

nécessairement étroitement avec les groupes génériques basés sur cette structure florale — à imprimer à toutes ces Asclépiadées xérophiles un facies qui, dans l'ensemble, est remarquablement uniforme.

Quelques caractères biologiques viennent d'ailleurs s'ajouter, pour les accentuer, aux caractères morphologiques précédents. Chez toutes ces plantes aphylles ou à petites écailles, la floraison n'a lieu qu'au moment où les autres Asclépiadées à feuilles sont déjà en fruits. Chez toutes aussi les follicules sont charnus et ne s'ouvrent que très tard. Enfin, dans toutes, les rameaux, qui ne grossissent jamais au delà des dimensions que nous avons indiquées, sont toujours couverts d'une épaisse couche cireuse verdâtre, qui atteint son maximum d'épaisseur chez le *Cynanchum macrolobum*.

Et, quand ce sont des lianes, ces innombrables rameaux qui retombent de tous côtés, en s'entremêlant, autour des arbres qui les supportent, donnent à l'ensemble — surtout si ce sont les grosses tiges des folotsy — un aspect bizarre qui l'a fait appeler vulgairement *arbre-saucisse*, et qui n'est pas une des moins curieuses caractéristiques de la brousse à euphorbes.

Dernière remarque : le climat est bien, plus que le sol, la cause essentielle de tous ces phénomènes de convergence biologique puisque, comme on a pu le constater, toutes ces plantes ne sont point spéciales à certains terrains; on ne les trouve pas seulement, dans le sud, sur le calcaire et sur les dunes du littoral, elles sont nombreuses également sur les gneiss de l'intérieur.

SUR

L'ANTHOCYANE DES PLANTULES DE CRASSULACÉES

par MM. H. CHARTIER & H. COLIN

Au cours de recherches sur la germination des Crassulacées, nous avons fréquemment constaté la présence de pigment rouge à l'extrémité des racines très jeunes. Le fait se présente pour plusieurs espèces des genres *Sedum*, *Sempervivum*, *Umbilicus*, *Cotyledon*, *Crassula*; au contraire, les quelques *Kalanchoe* soumis à l'étude se sont montrés dépourvus de pigment.

L'anthocyane apparaît comme une tache d'un rose vif localisée au foyer végétatif de la racine. Dans les cas les moins typiques, le pigment n'occupe que quatre ou cinq cellules du sommet, sur les espèces plus favorisées, comme le *Sempervivum* cultivé à la villa Thuret sous le nom de *S. chlorochrysum*, il se généralise aux cellules plus anciennes, mais toujours dans le voisinage du foyer végétatif.

Ces faits méritent donc d'être ajoutés aux cas déjà connus de production d'anthocyane dans les racines, principalement lors de la germination.

Le pigment des racines de Crassulacées n'a du reste qu'une existence éphémère; à mesure que la racine s'allonge, la coloration s'affaiblit et ne tarde pas à disparaître complètement. Toutefois, les radicelles qui naissent ultérieurement sur la racine principale offrent, au début de leur développement, la même tache d'anthocyane.

En raison de sa localisation au milieu de tissus incolores, l'anthocyane des plantules de Crassulacées se prête bien à l'observation; d'autre part, certaines espèces, telles que le *Sempervivum chlorochrysum*, germent en l'espace de quelques jours; il nous a donc été facile d'essayer quelques réactions de l'anthocyane et de réaliser plusieurs expériences relatives aux conditions de différenciation du pigment.

1° *Action de la lumière.* — L'anthocyane apparaît, que la végétation s'effectue en terre ou sur coton de verre humecté d'eau distillée ;

la production du pigment n'est donc pas ici, comme c'est souvent le cas, en relation avec l'exposition de la racine à la lumière.

Il y avait lieu de se demander si le pigment rouge se formerait encore dans les plantules venues à l'obscurité. C'est pourquoi nous avons mis à germer différentes espèces, et en particulier le *Sempervivum* de la villa Thuret, riche en anthocyane, dans des conditions d'obscurité telles qu'un papier photographique introduit comme témoin ne présentait, après plusieurs jours, aucune trace d'impression. Malgré l'étiolement complet des plantules ainsi obtenues, de l'anthocyane apparaît dans quelques cellules voisines du sommet de la racine; l'absence de lumière n'a donc pas d'autre conséquence qu'une diminution de la quantité du pigment. Il faut admettre, dès lors, que si la lumière et l'assimilation chlorophyllienne jouent un rôle considérable dans l'élaboration en masse de l'anthocyane, on ne doit pas regarder leur intervention comme rigoureusement indispensable à la production d'une petite quantité de pigment. Dans une série d'expériences inédites effectuées à l'école de Grignon sur plusieurs variétés de choux rouges, M. Moreau est arrivé aux mêmes résultats : l'anthocyane apparaît dans les plantules venues à l'obscurité la plus rigoureuse; elle est toutefois moins abondante que lorsque la germination s'effectue à la lumière.

Tout se passe donc comme si l'élaboration de l'anthocyane se produisait aux dépens de certaines substances qui prennent naissance en quantité notable lorsque la plante assimile et qui n'existent, dès lors, qu'en faible proportion lorsque le développement s'effectue à l'obscurité.

Or, les travaux d'Overton, de Palladine, de Molliard et de Combes ont établi que la différenciation de l'anthocyane est corrélative de l'accumulation des sucres dans les tissus végétaux. Le fait que l'anthocyane n'apparaît qu'en très petite quantité lorsque la germination a lieu à l'obscurité s'expliquerait donc, moins par une influence directe de la lumière sur la formation de l'anthocyane, que par le peu d'abondance des produits hydrocarbonés qui résultent normalement du fonctionnement de la chlorophylle et aux dépens desquels s'organise le pigment.

2° *Action d'une solution sucrée.* — Cette interprétation nous amenait naturellement à essayer de suppléer le rôle de la lumière par l'action d'une solution sucrée. Des germinations du *Sempervivum* de la villa Thuret ont été effectuées comparativement en milieu eau distillée et en milieu sucré : 5-10 p. 100 de glucose.

Dans une expérience analogue qui consistait à placer à l'obscurité des fragments de feuille de *Rumex Patientia* sur une solution de saccharose, Palladine (1) a observé un rougissement très net encore que beaucoup moins intense qu'à la lumière.

(1) Palladin. *Ber. der. d. bot. Gesells.*, XXVI, p. 390, 1908.

Le résultat de nos expériences a été, au contraire, entièrement négatif : les plantules venues à l'obscurité en présence de la solution sucrée n'offrent qu'une plage très restreinte d'anthocyane semblable à celle qui se produit en l'absence de sucre dans la solution.

Du reste, même à la lumière, le sucre n'entraîne, dans la racine de *Sempervivum chlorochrysum*, aucune généralisation d'anthocyane supérieure à celle qui résulte normalement de la seule exposition à la lumière. A cet égard, l'espèce précédente se rapproche des plantes qui, dans les expériences d'Overton, se montrèrent, insensibles à l'action des solutions sucrées.

3° *Réactions de l'anthocyane.* — Si l'on divise, ainsi que l'a fait Weigert, les anthocyanes en deux groupes : l'anthocyane de la Vigne et celle de la Betterave, le pigment de la racine des Crassulacées se place dans le premier groupe ; en effet, l'acide chlorhydrique fait passer la coloration du rose ou rouge vif. Les alcalis font virer la teinte au vert; les bases faibles, telles que les alcaloïdes, nicotine, cicutine. codéine, se conduisent comme les alcalis. Enfin, l'anthocyane des Crassulacées donne une combinaison bisulfitique, jaunâtre, susceptible d'être détruite, soit par l'acide sulfurique, soit par divers oxydants (eau oxygénée, persulfates); l'action de ces réactifs a pour effet de régénérer le pigment rouge primitif.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

MAIDEN (J.-H.), Directeur des Jardins botaniques de Sydney. — **The forest flora of New South Wales** *(La flore forestière de la Nouvelle-Galles du Sud)*, publiée par autorité du gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud. — 3 vol. in-4°, d'environ 200 p., avec planches (Prix : 12 fr. 50 le volume). Sydney, 1903-1910.

Depuis que le cri d'alarme concernant la disette prochaine des bois a été jeté, nous en sommes arrivés à nous intéresser, bien plus qu'autrefois, à la production forestière mondiale. C'est pourquoi la publication du monumental ouvrage de MAIDEN ne saurait nous laisser indifférents, surtout lorsqu'on se rappelle qu'à part le Canada, les Etats-Unis et la Russie, aucun Etat du monde ne possède une plus grande surface boisée que l'Australie.

Les régions les plus riches en bois sont celles situées à l'Est et au Sud, la Tasmanie comprise, et dans le Sud-Ouest. Dans l'Est, c'est sur la crête des montagnes et sur le flanc qui fait face à la mer, que la végétation est la plus active, tandis que dans le Sud-Ouest elle est surtout remarquable entre la mer et la chaîne de montagnes « ligne de partage des eaux » et, en deçà du pied de la chaîne, jusqu'à plusieurs milles dans l'intérieur. Les collines qui entourent Adélaïde, les péninsules de York et d'Eyra et le district de Kimberley sont très boisés. Il existe aussi des forêts d'une étendue considérable dans le Nothern Territory et dans les régions situées près du golfe de Carpentaria.

Comme on le voit, les forêts se trouvent dans les régions littorales et assez avant dans les terres, par contre toute la côte, à l'Ouest et au Nord-Ouest, ainsi que l'intérieur du continent, sont dépourvus de végétation arborescente et présentent l'aspect morne des solitudes désertes des climats sans pluies. Il faut dire à ce propos que, même dans les régions où croissent les gigantesques forêts d'*Eucalyptus*, l'homme ne trouve pas là l'ombre et la fraîcheur de nos bois touffus. On sait, en effet, que l'*Eucalyptus* se protège contre une radiation trop intense en orientant ses feuilles raides, en lame de sabre, parallèlement aux rayons du soleil, aussi leur couvert est-il des plus décevants pour le voyageur qui y cherche vainement un abri contre un soleil parfois implacable. Ce fait eût donné à réfléchir aux partisans de la théorie anthropocentrique s'ils l'eussent connu.

On ne peut parler des bois d'Australie sans insister sur les *Eucalyptus* qui forment le fond de la végétation ligneuse et qui constituent des arbres à la fois extraordinaires et précieux. Tout le monde sait que ce sont les géants du règne végétal, pouvant atteindre 150 mètres de hauteur et qu'à ce titre ils ont détrôné les célèbres *Sequoia* ou *big-tree* de la vallée de Mariposa en Californie. A ce sujet, l'histoire de leur découverte est caractéristique : en 1791, le naturaliste La Billardière, qui faisait partie de l'expédition envoyée à la recherche de La Pérouse sous le commandement de d'Entrecasteaux, fut frappé de l'aspect très spécial des forêts des côtes de la Terre de Van Diémen (Tasmanie). Il se fit débarquer et se trouva au milieu d'arbres géants dont les premières branches étaient à plus de 60 mètres du sol; le naturaliste, désireux de reconnaître quelques caractères de ces végétaux extraordinaires, ayant vainement essayé d'y arriver à l'aide de sa longue-vue, dut recourir aux balles de sa carabine pour abattre quelques rameaux fleuris. Il nomma l'arbre *Eucalyptus globulus*. On sait quelle a été la fortune de cet arbre que l'on a acclimaté dans le midi de l'Europe, dans la région de l'Oranger, en Algérie, ainsi que dans l'Amérique du Nord, l'Inde et l'Afrique du Sud. Il rend partout de grands services en provoquant, par sa végétation très rapide, l'assèchement de marais insalubres. Cependant l'*Eucalyptus globulus* n'est pas l'essence la plus précieuse des forêts de l'Australie, les espèces d'*Eucalyptus* qui donnent le meilleur bois sont (par ordre d'abondance) : le Jarrah *(E. marginata)*; le Karri *(E. versicolor)*; le Tuart *(E. gomphocephalus)*, etc.; il y a plus de 150 espèces d'*Eucalyptus*, dont F. v. Mueller a établi la liste et dont Maiden, l'auteur de la flore dont nous parlons ici, vient d'achever une très considérable « revision ».

Ces *Eucalyptus* possèdent un bois très compact, à grain fin, ils sont très durables, d'une résistance remarquable, et leur poli en fait des bois aussi beaux que l'Acajou; aussi les Anglais, qui l'emploient beaucoup, le désignent-ils sous le nom de Mohogany (acajou). Il faut se promener dans le Museum III des admirables *Kew-Gardens* consacré entièrement aux bois, ainsi que dans les galeries du musée colonial de l'*Imperial Institute* de Londres, pour se rendre compte de l'importance du matériel ligneux que peuvent fournir les *Eucalyptus*. On y voit de gigantesques sections ou plateaux admirablement polis; et les grands meubles et vitrines de ces expositions permanentes sont faites, en ce qui concerne l'Australie, avec ces bois indigènes. Les usages des *Eucalyptus*, en Europe même, sont fort nombreux. On pourra les trouver décrits dans notre livre « *Les bois industriels*, O. Doin, 1910. »

Si les *Eucalyptus* sont les essences les plus intéressantes d'Australie, ils ne sont pas cependant les seuls représentants de la végétation arborescente : on y trouve des Protéacées, généralement de

petite taille, des Acacias et des Mimosas dont on exploite l'écorce riche en tanin, des *Melaleuca*, des *Casuarina*; quelques Conifères : *Callitris*, *Araucaria*. MAIDEN évalue à 450 le nombre des espèces d'arbres de la Nouvelle-Galles du Sud.

Parmi ces espèces, quelques-unes méritent une mention spéciale : le *Dysoxylum Fraseranum* (Méliacées) ou *Rosewood* ; le *Cedrela australis* (Méliacées) ou « Cedar », bois très précieux, voisin de l'acajou; le *Syncarpia laurifolia* ou Turpentine (Myrtacées) dont le bois, qui laisse exsuder une abondante oléo-résine, est propre à toutes sortes d'usages en tant que bois d'ébénisterie et de service; divers *Santalum* ou *Fusanus* (Santalacées) donnent le *Sandalwood* parfumé dont on extrait par distillation une huile odorante précieuse.

Quoique de grandes quantités de bois soient utilisées sur place, tant pour la construction que comme bois à brûler, l'exportation est considérable et se répartit entre presque tous les pays du monde. Si extraordinaire que cela puisse paraître, l'Australie importe annuellement pour une somme allant jusqu'à 20 millions de francs de bois provenant surtout de la Norvège et des États-Unis. Cela tient à ce que les bois indigènes ne sont pas adaptés à tous les usages.

Quoi qu'il en soit, de cette richesse forestière comme dans beaucoup d'autres contrées malheureusement, une exploitation abusive a amené une diminution de la production. Les besoins augmentant de jour en jour et la croissance des arbres ne pouvant suffire à y faire face — il faut 50 ans à un *Eucalyptus* pour arriver à maturité — on a pris sur le fond de réserve qui s'épuise. Cet état de chose est trop préjudiciable aux intérêts pour ne pas avoir attiré l'attention des gouvernements, aussi chaque Etat s'est-il vu dans l'obligation de créer un Département spécial s'occupant exclusivement des questions forestières.

C'est sans doute de préoccupations de cet ordre qu'est né l'important travail de MAIDEN, publié d'ailleurs par *Authority of the gouvernement of the State of New south Wales*. L'ampleur donnée à cet ouvrage, son volume, l'abondance des planches, attestent les puissantes ressources d'un gouvernement servant d'éditeur. Il comprend quatre volumes in-4° de 200 à 500 pages, ornés de 40 à 60 planches hors texte chacun. Chaque arbre décrit, l'est avec un luxe de détails, un soin typographique des titres de paragraphes, qui font de ce travail, en même temps qu'un ouvrage scientifique, un livre de haute vulgarisation. Chaque espèce décrite fait l'objet d'une monographie étendue. Le genre est d'abord botaniquement caractérisé, c'est ensuite au tour de l'espèce pour laquelle sont donnés : les noms botaniques, avec la synonymie dont il est fait un exposé historique; les noms vernaculaires; les noms indigènes; les caractères botaniques avec paragraphes ayant leurs titres spéciaux pour la corolle, les anthères, l'ovaire, le style, le fruit, la graine,

l'inflorescence, la feuille, l'écorce qui si souvent sert aux forestiers pour reconnaître un arbre; le bois est étudié à fond sinon au point de vue anatomique, malheureusement passé sous silence, mais en ce qui concerne ses caractères macroscopiques, ses propriétés et usages et le mode d'exploitation; les exsudats, si l'arbre en produit; les dimensions, l'habitat et la propagation. Chaque essence comporte au moins une planche représentant un rameau fleuri ou fructifié, et, dessinés dans tous leurs détails, des fleurs et fruits plus ou moins disséqués. On y trouve en outre, surtout dans les dernières parties, de nombreux documents photographiques donnant le port des arbres, l'aspect de l'écorce, des scènes d'exploitation du bois et même de grands paysages auxquels les troncs blancs, droits et élancés des *Eucalyptus* donnent une esthétique à la fois élégante et froide.

Nous retrouvons dans cet ouvrage l'information large, la beauté des documents photographiques, le sens didactique très sûr et très avisé, la richesse d'édition, trahissant l'ampleur des budgets, que nous avons admiré et envié dans plusieurs productions de pays de langue anglaise concernant leurs richesses forestières : en première ligne, les expositions du *Museum of Natural history* de Londres, les publications de Hongh sur les bois des Etats-Unis et du Canada, etc., etc.

S'il fallait absolument attribuer une ombre au tableau, nous regretterions que le grand ouvrage de Maiden, dont le but est en somme de favoriser l'exploitation des bois, ne donne pas à côté de tous ses documents graphiques, des photographies, et surtout des microphotographies, de coupes de bois. Ce sont là, comme on le sait, des sources de renseignements extrêmement utiles pour permettre de prévoir les usages auxquels ils pourront s'adopter.

Tel qu'il est, ce travail fait honneur à l'esprit pratique et méthodique des Gouvernements du *Commonwealth* australien.

J. Beauverie (Lyon).

W. Dombrowski. — **Die Hefen in Milch und Milchprodukten.** — *Centrablatt fur Bakteriologie*, 28 Bd, nº 12-15, 3 novembre 1910, **2 planches.**

L'auteur montre que la flore du lait et des produits dérivés du lait (beurre, etc.) n'est pas exclusivement composée de bactéries, mais qu'elle renferme aussi et d'une manière presque constante de nombreuses Levures. Parmi celles-ci, la plupart se rapportent aux *Torula*, mais on rencontre aussi de véritables *Saccharomyces* et quelques *Mycoderma*. Ces Levures font généralement fermenter le lactose, mais leur rôle ne se borne pas là : elles fournissent aussi, parmi les produits de la fermentation, de petites quantités d'acides

et beaucoup d'entre elles peptonisent énergiquement la caséine. Enfin, certaines produisent des altérations du lait qui lui donnent un goût désagréable.

Les Levures de lait présentent des caractères physiologiques qui les distinguent nettement des Levures ordinaires et notamment des Levures industrielles et qui résultent de leur adaptation à la vie dans le lait. Cette adaptation se traduit : 1° par le fait que la plupart d'entre elles font fermenter le lactose et n'agissent pas sur le maltose, à l'inverse des Levures ordinaires; 2° par le fait qu'elles préfèrent, comme source d'aliment azoté, les peptones aux acides, tandis que les levures ordinaires choisissent surtout les amides; 3° par une grande résistance à l'acide lactique.

L'auteur décrit plusieurs espèces de Saccharomycètes nouveaux, les *S. lactis* α, β et γ, et le *Zygosaccharomyces lactis*, ainsi qu'un certain nombre de *Torula* et de *Hycoderma*. Parmi ces Levures, deux méritent d'attirer notre attention par suite de leur intérêt biologique : le *Zyg. lactis* et le *S. lactis* γ. Le premier présente une copulation isogamique à l'origine de l'asque, analogue à celle que nous avons observée dans les *Schizosaccharomyces* et le *Debaryomyces* et qui a été décrite dans les autres *Zygoxaccharomyces*.

L'asque résulte de la fusion de deux cellules qui se réunissent au moyen d'un canal de copulation formé par deux petits becs. L'asque conserve la forme de deux renflements unis par un isthme étroit. Les spores, au nombre de 1 à 5, sont situées dans les deux renflements. Cette Levure s'ajoute donc à la liste déjà nombreuse des Levures qui offrent une sexualité.

Le *S. lactis* γ ne présente pas de copulation, mais ses asques sont tous munis d'une sorte de bec ou d'éperon plus ou moins long qui peuvent être considérés comme les vestiges d'une sexualité ancestrale. Cette Levure montre donc que la copulation, tout en disparaissant dans la majorité des espèces, a cependant dans certaines laissé des traces d'attraction sexuelle. Déjà, nous avons signalé, il y a quelque temps, des phénomènes analogues dans une autre Levure, le *Schwanniomyces occidentalis*. Depuis, L. Rose en avait observés dans plusieurs Levures isolées de secrétions muqueuses des Chênes.

A. Guilliermond.

Ludwig Rose. — **Beitrage zur Kenntniss des organismen in Eichenschleimfluss.** — Inaug. Diss. Univ., Berlin, 25 juin 1910.

L'auteur fait une étude des champignons qui vivent dans l sécrétions muqueuses des arbres. Il établit d'abord que le champi gnon décrit par Hasen et Holtz sous le nom d'*Oidium Ludwigii* est identique à l'*Endomyces Magnusii* (Ludwig) et apporte une nouvelle

contribution à l'étude de cette espèce. Malgré tous ses efforts, il n'a pu parvenir à obtenir la formation d'asques. Il décrit des oïdies formées par dissociation des articles, des oïdies formées par accroissement perforant à l'intérieur de certains articles et enfin des chlamydospores. Il fait surtout une bonne étude des caractères physiologiques de ce champignon.

Rose a isolé en outre des sécrétions du Chêne un certain nombre de Levures dont l'une paraît se rapporter au *S. apiculatus* et dont l'autre est identique au *S. Ludwigii*. D'autres sont des espèces nouvelles. Parmi celles-ci, l'auteur a isolé une Levure à cellules rondes, semblables à des *Torula*, qui présente un caractère biologique digne d'être signalé ici. Ses spores naissent dans des cellules munies d'une sorte de tube effilé au moyen duquel elles cherchent à s'anastomoser deux à deux. Jamais, cependant, l'auteur n'a pu constater de copulation. Cette levure a donc perdu sa sexualité, tout en conservant des vestiges d'attraction sexuelle. Elle est donc comparable au *Schwamiomyces occidentalis* où nous avons décrit récemment des phénomènes analogues (voir l'analyse précédente).

L'auteur a rencontré également divers torulas et le *Prototheca Zopfii* (Krueger).

A. Guilliermond

CHRONIQUES ET NOUVELLES

L'Académie des Sciences a décerné les prix et récompenses suivants:

Prix de Coincy, à M. E. Ach. Finet, pour l'ensemble de ses travaux sur les Orchidées.

Prix Desmazières, à M. Sauvageau, pour ses recherches sur les Phéophycées.

Prix Montagne, un Encouragement de 500 fr. à M. J. Beauverie, pour ses recherches sur les Champignons ;

Un encouragement de 500 fr. à M. Lauby, pour ses recherches sur les Diatomées fossiles du Plateau Central.

Le Prix Thore n'a pas été décerné.

***

Il a été créé en France, au Ministère de l'Agriculture, un service d'Inspection phytopathologique avec un personnel d'inspecteurs, chefs de service, d'inspecteurs-adjoints et de contrôleurs. Des visites relatives aux maladies des plantes seront organisées d'office ou sur la demande des Horticulteurs.

***

Le gouvernement de Missouri a alloué une somme de 60.000 dollars pour la création d'un Laboratoire de Chimie agricole et végétale.

Lille. — Imp. LE BIGOT Frères. Le Gérant, Ch. Pietens.